الجمهورية العربية السورية

وزارة التعليم العالي

جامعة تشرين

كليّة الهندسة الميكانيكية والكهربائية

قسم هندسة القوى الميكانيكية



مقارنة أداء أنظمة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة عن طريق التحليل الترموديناميكي

(رسالة أعدّت لنيل شهادة الماجستير في هندسة الآلات الحرارية)

إعداد:

المهندس حسّان فزع

بإشراف:

د. علي كرنو (مشرف رئيس) د. جابر ديبة (مشرف مشارك)

2012-2011

قدمت هذه الرسالة استكمالاً لمتطلبات نيل درجة الماجستير في هندسة الآلات الحرارية في قسم هندسة القوى الميكانيكية بكلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية في جامعة تشرين.

وقد نوقشت هذه الرسالة وأجيزت بتاريخ 2012/3/6 وأجيزت.

لجنة الحكم

الدكتور المهندس	**الدكتور المهندس**	**الدكتور المهندس**
علي كرنو	**ابراهيم الأمين**	**أيوب حسن**

شهادة

نشهد بأن العمل الموصوف في هذه الرسالة هو نتيجة بحث قام به المرشح **المهندس حسان فزع** بإشراف:

- **الدكتور المهندس علي كرنو** (المشرف الرئيسي) المدرس في قسم هندسة القوى الميكانيكية بكلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة تشرين.
- **الدكتور المهندس جابر ديبه** (المشرف المشارك) الأستاذ المساعد في قسم هندسة القوى الميكانيكية بكلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة تشرين.

المرشح	المشرف المشارك	المشرف الرئيسي
م. حسان فزع	د.م. جابر ديبه	د.م. علي كرنو

Testimony

We witness that the declared work in this treatise is a result of a scientific research by the candidate **Eng. Hassan Fazaa** under the supervising of:

Doctor Engineer Ali Karno (main supervisor): A teacher in the department of Mechanical Power Engineering , Faculty of Mechanical and Electrical Engineering – Tishreen University.

Doctor Engineer Jaber Diba (assistant supervisor): An assistant professor in the department of Mechanical Power Engineering , Faculty of Mechanical and Electrical Engineering – Tishreen University.

Candidate	Assistant supervisor	Main supervisor
Eng. Hassan Fazaa	Dr. Jaber Diba	Dr. Ali Karno

تصريح

أصرح بأن هذا العمل

" مقارنة أداء أنظمة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة عن طريق التحليل الترموديناميكي"

لم يقدم لنيل أية درجة علمية أخرى ولم ينشر سابقاً في أية مجلة علمية.

المرشّح

اسم المهندس

حسان فزع

DECLARATION

I declare that this work:

"A Comparison of Performances of Double Effect Absorption Cooling Systems Using the Thermodynamic Analysis"

Has not been accepted for any other degree, nor submitted to any other scientific magazine.

Candidate

Eng. Hassan Fazaa

جامعة تشرين

كلية الآداب والعلوم الإنسانية

قسم اللغة العربية

السيد الدكتور عميد كلية الآداب

بجامعة تشرين

عملا بقرار مجلس قسم اللغة العربية رقم / ٢ /تاريخ ١٠/ ١ /٢٠١٢ المتضمن

مدققا لغويا لرسالة الماجستير لمؤلفها الطالب حسان فرح

وهي بعنوان (مقارنة أداء أنظمة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة عن طريق التحليل الترموديناميكي).

وتم تصويب الرسالة وتدقيقها بعد المناقشة النهائية ، كما تم الالتزام بملاحظات المدقق اللغوي أصولا

وتفضلوا بقبول الاحترام

اسم المدقق وتوقيعه د. حورية حمو

عميد كلية الآداب والعلوم الإنسانية

الدكتور صديق غريب

رئيس قسم اللغة العربية

الدكتور عدنان أحمد

الفهرس

قائمة الأشكال

الشكل (5-8) : العلاقة بين درجة حرارة المكثّف وكمية الحرارة المطروحة في الماصّ لدارة التبريد الامتصاصية الثنائية التسلسلية.

الشكل (5-9):العلاقة بين درجة حرارة المولّد ذي الضغط المرتفع وكمية الحرارة المطروحة في الماصّ لدارة التبريد الامتصاصية الثنائية التسلسلية وثبات درجة حرارة المبخر.

الشكل (5-10): العلاقة بين درجة حرارة المولّد ذي الضغط المنخفض وكمية الحرارة المطروحة في الماصّ لدارة التبريد الامتصاصية الثنائية التسلسلية وثبات درجة حرارة المبخر.

الشكل (5-11): العلاقة بين مردود المبادل الحراري ذي الضغط المنخفض وكمية الحرارة المطروحة في الماصّ لدارة التبريد الامتصاصية الثنائية التسلسلية.

الشكل (5-12):العلاقة بين مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع وكمية الحرارة المطروحة في الماصّ لدارة التبريد الامتصاصية الثنائية التسلسلية.

الشكل (5-13):العلاقة بين استطاعة التبريد وكمية الحرارة المطروحة في الماصّ لدارة التبريد الامتصاصية الثنائية التسلسلية.

الشكل (5-14):العلاقة بين درجة حرارة المكثّف ومعامل أداء دارة التبريد الامتصاصية الثنائية التسلسلية عند درجات الحرارة الفردية للمبخر.

الشكل (5-15):العلاقة بين درجة حرارة المكثّف ومعامل أداء دارة التبريد الامتصاصية الثنائية التسلسلية عند درجات الحرارة الزوجية للمبخر.

الشكل (5-16):العلاقة بين درجة حرارة المكثّف ومعامل أداء دارة التبريد الامتصاصية الثنائية التسلسلية عند درجات الحرارة الفردية للمبخّر.

الشكل (5-17):العلاقة بين درجة حرارة المكثّف ومعامل أداء دارة التبريد الامتصاصية الثنائية التسلسلية عند درجات الحرارة الزوجية للمبخّر.

الشكل (5-18):العلاقة بين درجة حرارة المولّد ذي الضغط المرتفع ومعامل أداء دارة التبريد الامتصاصية الثنائية التسلسلية عند درجات الحرارة الفردية للمبخّر.

الشكل (5-19):العلاقة بين درجة حرارة المولّد ذي الضغط المرتفع ومعامل أداء دارة التبريد الامتصاصية الثنائية التسلسلية عند درجات الحرارة الزوجية للمبخّر.

الشكل (5-20): العلاقة بين درجة حرارة المولّد ذي الضغط المرتفع ومعامل أداء دارة التبريد الامتصاصية الثنائية التسلسلية عند درجات الحرارة الفردية للمبخّر.

الشكل (5-21):العلاقة بين درجة حرارة المولّد ذي الضغط المرتفع ومعامل أداء دارة التبريد الامتصاصية الثنائية التسلسلية عند درجات الحرارة الزوجية للمبخّر.

الشكل (5-22):العلاقة بين درجة حرارة المبخّر ومعامل التدوير للدارة الثنائية التسلسلية.

الشكل (5-23):العلاقة بين درجة حرارة المكثّف ومعامل التدوير للدارة الثنائية التسلسلية.

الشكل (5-24):العلاقة بين درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المنخفض ومعامل التدوير للدارة الثنائية التسلسلية.

الشكل (5-25):العلاقة بين درجة حرارة المبخّر ومعامل الأداء لدارة التبريد الامتصاصية الثنائية العكسية.

الشكل (5-26):العلاقة بين درجة حرارة المكثّف ومعامل الأداء لدارة التبريد الامتصاصية الثنائية العكسية.

الشكل (5-27):العلاقة بين درجة حرارة المولّد ذي الضغط المرتفع ومعامل الأداء لدارة التبريد الامتصاصية الثنائية العكسية.

الشكل (5-28):العلاقة بين درجة حرارة المولّد ذي الضغط المنخفض ومعامل الأداء لدارة التبريد الامتصاصية الثنائية العكسية.

الشكل (5-29):العلاقة بين مردود المبادل الحراري ذي الضغط المنخفض ومعامل الأداء لدارة التبريد الامتصاصية الثنائية العكسية.

الشكل (5-30):العلاقة بين مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع ومعامل الأداء لدارة التبريد الامتصاصية الثنائية العكسية.

الشكل (5-31):العلاقة بين درجة حرارة المبخّر وكمية الحرارة المطروحة في الماصّ لدارة التبريد الامتصاصية الثنائية العكسية.

الشكل (5-32):العلاقة بين درجة حرارة المكثّف وكمية الحرارة المطروحة في الماصّ لدارة التبريد الامتصاصية الثنائية العكسية.

الشكل (5-45):العلاقة بين درجة حرارة المكثّف ومعامل التدوير لدارة التبريد الامتصاصية الثنائية العكسية.

الشكل (5-46):العلاقة بين درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المنخفض ومعامل التدوير لدارة التبريد الامتصاصية الثنائية العكسية.

الشكل (5-47):العلاقة بين درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المرتفع ومعامل التدوير لدارة التبريد الامتصاصية الثنائية العكسية.

الشكل (5-48):العلاقة بين مردود المبادل الحراري ذي الضغط المنخفض ومعامل التدوير لدارة التبريد الامتصاصية الثنائية العكسية.

الشكل (5-49):العلاقة بين مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع ومعامل التدوير لدارة التبريد الامتصاصية الثنائية العكسية.

الشكل (5-50):العلاقة بين درجة حرارة المبخر ومعامل أداء الدارة الامتصاصية الثنائية ذات الجريانات المتوازية.

الشكل (5-51):العلاقة بين درجة حرارة المكثّف ومعامل أداء الدارة الامتصاصية الثنائية ذات الجريانات المتوازية.

الشكل (5-52):العلاقة بين درجة حرارة المولّد ذي الضغط المرتفع و معامل الأداء للدارة الامتصاصية الثنائية ذات الجريانات المتوازية.

الشكل (5-53):العلاقة بين درجة حرارة المولّد ذي الضغط المنخفض ومعامل الأداء للدارة الامتصاصية الثنائية ذات الجريانات المتوازية.

الشكل (5-54):العلاقة بين مردود المبادل الحراري ذي الضغط المنخفض و معامل الأداء للدارة الامتصاصية الثنائية ذات الجريانات المتوازية.

الشكل (5-55):العلاقة بين مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع ومعامل الأداء للدارة الامتصاصية الثنائية ذات الجريانات المتوازية.

الشكل (5-56):العلاقة بين نسبة التوزع الكتلي ومعامل الأداء الامتصاصية الثنائية ذات الجريانات المتوازية.

الشكل (5-57):العلاقة بين درجة حرارة المبخّر وكمية الحرارة المطروحة في الماصّ للدارة الامتصاصية الثنائية ذات الجريانات المتوازية.

الشكل (5-58):العلاقة بين درجة حرارة المكثّف وكمية الحرارة المطروحة في الماصّ للدارة الامتصاصية الثنائية ذات الجريانات المتوازية.

الشكل (5-59):العلاقة بين درجة حرارة المولّد ذي الضغط المرتفع و كمية الحرارة المطروحة في الماص للدارة الامتصاصية الثنائية ذات الجريانات المتوازية.

الشكل (5-60):العلاقة بين درجة حرارة المولّد ذي الضغط المنخفض و كمية الحرارة المطروحة في الماصّ للدارة الامتصاصية الثنائية ذات الجريانات المتوازية.

الشكل (5-61):العلاقة بين مردود المبادل الحراري ذي الضغط المنخفض وكمية الحرارة المطروحة في الماصّ للدارة الامتصاصية الثنائية ذات الجريانات المتوازية.

الشكل (5-62):العلاقة بين مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع وكمية الحرارة المطروحة في الماصّ للدارة الامتصاصية الثنائية ذات الجريانات المتوازية.

الشكل (5-63):العلاقة بين استطاعة التبريد وكمية الحرارة المطروحة في الماصّ للدارة الامتصاصية الثنائية ذات الجريانات المتوازية.

الشكل (5-64):العلاقة بين نسبة التوزع الكتلي وكمية الحرارة المطروحة في الماصّ للدارة الامتصاصية الثنائية ذات الجريانات المتوازية.

الشكل (5-65):العلاقة بين درجة حرارة المكثّف ومعامل الأداء للدارة الامتصاصية الثنائية ذات الجريانات المتوازية عند درجات الحرارة الفردية للمبخّر.

الشكل (5-66):العلاقة بين درجة حرارة المكثّف ومعامل الأداء للدارة الامتصاصية الثنائية ذات الجريانات المتوازية عند درجات الحرارة الزوجية للمبخّر.

الشكل (5-67):العلاقة بين درجة حرارة المكثّف ومعامل الأداء للدارة الامتصاصية الثنائية ذات الجريانات المتوازية عند درجات الحرارة الفردية للمبخر.

الشكل (5-68):العلاقة بين درجة حرارة المكثّف ومعامل الأداء للدارة الامتصاصية الثنائية ذات الجريانات المتوازية عند درجات الحرارة الزوجية للمبخر.

الشكل (5-69):العلاقة بين درجة حرارة المولّد ذي الضغط المرتفع ومعامل الأداء للدارة الامتصاصية الثنائية ذات الجريانات المتوازية عند درجات الحرارة الفردية للمبخر.

الشكل (5-70): العلاقة بين درجة حرارة المولّد ذي الضغط المرتفع ومعامل الأداء للدارة الامتصاصية الثنائية ذات الجريانات المتوازية عند درجات الحرارة الزوجية للمبخر.

الشكل (5-71):العلاقة بين درجة حرارة المولّد ذي الضغط المرتفع و معامل الأداء للدارة الامتصاصية الثنائية ذات الجريانات المتوازية عند درجات الحرارة الفردية للمبخر.

الشكل (5-72):العلاقة بين درجة حرارة المولّد ذي الضغط المرتفع ومعامل الأداء للدارة الامتصاصية الثنائية ذات الجريانات المتوازية عند درجات الحرارة الزوجية للمبخر.

الشكل (5-73): العلاقة بين درجة حرارة المبخر ومعامل التدوير للدارة الامتصاصية الثنائية ذات الجريانات المتوازية.

الشكل (5-74): العلاقة بين درجة حرارة المكثّف ومعامل التدوير للدارة الامتصاصية الثنائية ذات الجريانات المتوازية.

الشكل (5-75): العلاقة بين درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المنخفض ومعامل التدوير للدارة الامتصاصية الثنائية ذات الجريانات المتوازية.

الشكل (5-76):العلاقة بين درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المرتفع ومعامل التدوير للدارة الامتصاصية الثنائية ذات الجريانات المتوازية.

الشكل (5-77):العلاقة بين مردود المبادل الحراري ذي الضغط المنخفض ومعامل التدوير للدارة الامتصاصية الثنائية ذات الجريانات المتوازية.

الشكل (5-78):العلاقة بين مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع ومعامل التدوير للدارة الامتصاصية الثنائية ذات الجريانات المتوازية.

الشكل (5-79):العلاقة بين مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع ومعامل التدوير للدارة الامتصاصية الثنائية ذات الجريانات المتوازية.

الشكل (5-80):العلاقة بين درجة حرارة المبخر ومعامل أداء دارة التبريد الامتصاصية الثنائية ذات الضاغط بين المرحلتين (الهجينة).

الشكل (5-81):العلاقة بين درجة حرارة المكثّف ومعامل أداء ذات الضاغط بين المرحلتين (الهجينة) .

الشكل (5-82):العلاقة بين درجة حرارة المولّدات ومعامل أداء دارة التبريد الامتصاصية الثنائية ذات الضاغط بين المرحلتين (الهجينة).

الشكل (5-83):العلاقة بين مردود المبادل الحراري ذي الضغط المنخفض ومعامل أداء دارة التبريد الامتصاصية الثنائية ذات الضاغط بين المرحلتين (الهجينة).

الشكل (5-84):العلاقة بين مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع ومعامل أداء دارة التبريد الامتصاصية الثنائية ذات الضاغط بين المرحلتين (الهجينة).

الشكل (5-85):العلاقة بين درجة حرارة المبخر وكمية الحرارة المطروحة في الماصّ لدارة التبريد الامتصاصية الثنائية الهجينة.

الشكل (5-86):العلاقة بين درجة حرارة المكثّف وكمية الحرارة المطروحة في الماصّ لدارة التبريد الامتصاصية الثنائية الهجينة.

الشكل (5-87):العلاقة بين درجة حرارة مولّدات البخار و كمية الحرارة المطروحة في الماصّ لدارة التبريد الامتصاصية الثنائية الهجينة.

الشكل (5-88):العلاقة بين مردود المبادل الحراري ذي الضغط المنخفضكمية الحرارة المطروحة من الماصّ لدارة التبريد الامتصاصية الثنائية الهجينة.

الشكل (5-89):العلاقة بين مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع وكمية الحرارة المطروحة من الماصّ لدارة التبريد الامتصاصية الثنائية الهجينة.

الشكل (5-90):العلاقة بين استطاعة التبريد وكمية الحرارة المطروحة في الماصّ لدارة التبريد الامتصاصية الثنائية الهجينة.

الشكل (5-91):العلاقة بين درجة حرارة المكثّف ومعامل أداء دارة التبريد الامتصاصية الثنائية الهجينة عند درجات الحرارة الفردية للمبخر.

الشكل (5-92):العلاقة بين درجة حرارة المكثّف ومعامل أداء دارة التبريد الامتصاصية الثنائية الهجينة عند درجات الحرارة الزوجية للمبخر.

الشكل (5-93):العلاقة بين درجة حرارة المكثّف ومعامل أداء دارة التبريد الامتصاصية الثنائية الهجينةعند درجات الحرارة الفردية للمبخر.

الشكل (5-106): العلاقة بين مردود المبادل الحراري ذي الضغط المنخفض ومعامل الأداء لدارة التبريد ثنائية المرحلة بمختلف تصاميمها.

الشكل (5-107): العلاقة بين مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع ومعامل الأداء لدارة التبريد ثنائية المرحلة بمختلف تصاميمها.

الشكل(5-108):العلاقة بين استطاعة التبريد ومعامل الأداء لدارة التبريد ثنائية المرحلة بمختلف تصاميمها.

قائمة الجداول

قائمة المختصرات

g (generator) : مولّد البخار.

gh (high pressure generator): مولّد البخار ذو الضغط المرتفع.

gl (low pressure generator): مولّد البخار ذو الضغط المنخفض.

con (condenser): مكثّف.

ab (absorber): ماصّ.

ev (evaporator) : مبخّر.

HE (Heat Exchanger): مبادل حراري.

DS (Double Effect Series flow): دارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة التسلسلية.

DR (Double Effect Reverse flow): دارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة العكسية.

DP (Double Effect Parallel flow): دارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة ذات الجريانات المتوازية.

comp (compressor) : ضاغط.

VRA (Vapor Recompression Absorber): ماصّ ضاغط للبخار.

EES (Engineering Equation Solver): البرنامج المستخدم في عملية النمذجة.

قائمة الرموز

COP (Coefficient Of Performance): معامل الأداء.

h: الانتالبي kJ/kg .

$\dot{m}$: التدفق الكتلي kg/s .

X_{libr} : النسبة المئوية الكتلية لبروميد الليثيوم في المحلول العامل %.

t : درجة الحرارة °C.

P : الضغط kPa .

$\dot{Q}$: كمية الحرارة kW.

$\dot{W}$: الاستطاعة المقدّمة للدارة kW.

ζ : المردود.

LIBR: محلول بروميد الليثيوم.

m : نسبة التوزع الكتلي عند نقطة التفرع لدارة التبريد الامتصاصية الثنائية ذات الجريانات المتوازية.

f : معامل التدوير.

الملّخص

يتمّ التوجه حالياً إلى استخدام دارة التبريد الامتصاصية لما لها من ميّزات إيجابية من إمكانية اعتمادها على الطاقات المتجددة الحرارية وعدم حاجتها إلا لقسمٍ ضئيلٍ من الطاقة الكهربائية، وعدم استخدامها للفريونات أو المواد الضارة بطبقة الأوزون لذلك يمكن اعتبارها صديقة للبيئة. وبما أن دارة التبريد الامتصاصية الأحادية المرحلة تملك معاملاً للأداء منخفضاً نسبياً يتمّ التوّجه إلى مضاعفة المراحل، والذي من شأنه أن يضاعف إلى حدّ ما معامل الأداء للدارة. ولكن تملك دارة التبريد الامتصاصية الثنائية تصاميم عديدة تختلف عن بعضها من ناحية الأداء، كما أن لها كلفة إنشائية مرتفعة نسبياً، وهذا ما يجعل بناء نماذج تجريبية للدارة الثنائية بغية اختبارها ومقارنتها ويعدّ اختيار التصميم الأمثل موضوعاً صعباً نسبياً ومكلفاً لأية مؤسسة بحثية أو علمية.

إنّ الغاية من هذه الدراسة تتمثل باختيار التصميم الأمثل الذي يملك معامل الأداء الأكبر من بين التصاميم المختلفة للدارة الامتصاصية الثنائية والعاملة بمحلول بروميد الليثيوم والماء، وقد تمّ ذلك بإجراء تحليل ترموديناميكي لعددٍ من التصاميم معتمدين مبدأي مصونية الكتلة والطاقة. ومن ثم إجراء نمذجة رياضية لهذه التصاميم باستخدام برنامج EES. وتعطي هذه النماذج الرياضية التي تمّ الحصول عليها معامل الأداء عند شروط عمل محددة، لكن بتغيير هذه الشروط ضمن مجال معيّن ودراسة تغيير كلّ من معامل الأداء والتدوير وكمية الحرارة المطروحة في الماصّ تمّ الحصول على صورة واضحة ومفصلة لسلوك التصاميم عند مختلف شروط العمل. وقد أظهرت النتائج أنه لدارة التبريد الامتصاصية العكسية معامل الأداء الأكبر، وللثنائية ذات الضاغط بين المرحلتين معامل الأداء الأصغر وذلك عند مختلف ظروف العمل كما تمّ التوصل إلى أنه للتصاميم المختلفة مجالات عملٍ مختلفة وبالتالي يجب اختيار التصميم الأفضل وفق مجال العمل المرغوب، يزداد معامل الأداء بالنسبة لجميع التصاميم بازدياد كلٌ من درجة حرارة المبخر ودرجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المنخفض ومراديد المبادلات الحرارية المستخدمة في الدارة كلٌّ على حدا. كما يتناقص معامل الأداء بالنسبة لجميع التصاميم مع تزايد درجة حرارة المكثّف المساوية لدرجة حرارة الماصّ. ويزداد معامل الأداء لدارة التبريد الامتصاصية الثنائية التسلسلية وذات الجريانات المتوازية والعكسية ويتناقص معامل الأداء لدارة التبريد الامتصاصية الثنائية ذات الضاغط بين المرحلتين بازدياد درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المرتفع.

الكلمات المفتاحية : دارة التبريد الامتصاصية – ثنائية المرحلة – معامل الأداء – كمية الحرارة.

الفصل الأول

مقدّمة عن أنظمة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة

1-1- مقدّمة :

تعدّ الشمس مصدر الحياة على الأرض، وهي مصدر هائل للطاقة الشمسية الحرارية وقد تمّ الاستفادة منها في الآونة الأخيرة في عدة مجالات بالاستعانة بالخلايا الضوئية ومن هذه المجالات استخدام الطاقة الشمسية لتوليد الطاقة الكهربائية وفي آلات التبريد الامتصاصية [1].

يضعنا استخدام الطاقة الشمسية في مجال آلات التبريد أمام احتمالين: أولهما استخدام الطاقة الشمسية لتوليد الطاقة الكهربائية اللازمة لإدارة ضاغط آلة التبريد الانضغاطية التقليدية، وهي طريقة غير فعّالة وغير اقتصادية على الإطلاق، وثانيهما التفكير باحتمال ثانٍ وهو استعمال الطاقة الشمسية في تشغيل آلة التبريد الامتصاصية [2] .

يمكن أن تعمل آلة التبريد الامتصاصية بشكلٍ أساس باستخدام الطاقة الشمسية ولا تحتاج إلا لقدرٍ ضئيلٍ جداً من الطاقة الكهربائية فيمكن تشغيلها من حيث المبدأ باستخدام الطاقات المتجددة الحرارية[3]. تستخدم دارة التبريد الامتصاصية محلولاً متجانساً من مادتين هما المادة الماصّة ووسيط التبريد وتكون هذه المواد غير سامة وغير ضارة صحياً ولا تسبب تلفاً لطبقة الأوزون.

1-2- الميّزات الإيجابية والسلبية لأجهزة التبريد الامتصاصية:

<u>الميّزات الايجابية :</u>

- صديقة للبيئة : لا تستخدم أحد أنواع الفريونات والمواد الضارة بطبقة الأوزون التي تستخدم في أجهزة التبريد الانضغاطية [4] .

- لا تحتاج إلا لقدرٍ ضئيلٍ من الطاقة الكهربائية : تستخدم دارة التبريد الامتصاصية المضّخات عوضاً عن الضواغط التي تحتاج لقدرٍ قليلٍ من الطاقة الكهربائية فيما إذا تمّ تأمين الطاقة الحرارية من مصدر آخر[5].

- يمكن أن تعتمد بشكلٍ أساس على الطاقات الحرارية المتجددة وبخاصةٍ الطاقة الشمسية التي هي طاقة متوافرة مجاناً ويعتمد استخدامها على الكلفة التأسيسية فقط .

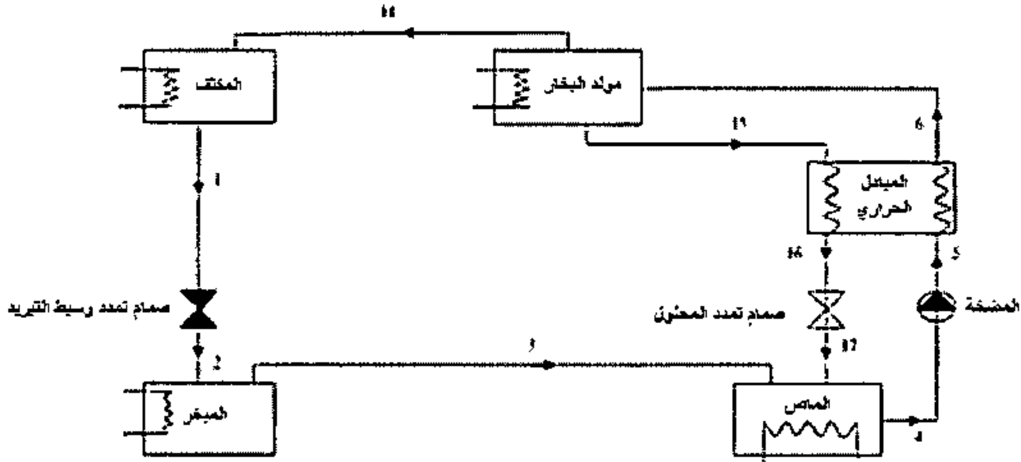
<u>الميّزات السلبية :</u>

دارة التبريد الامتصاصية ذات كلفة تأسيسية مرتفعة.

معامل أداء منخفض مقارنة بدارات التبريد الانضغاطية ويتمّ حلّ هذه المشكلة بمضاعفة مراحل التبريد كما هو سيبيّن لاحقاً [6].

1-3- مبدأ عمل آلة التبريد الامتصاصية أحادية المرحلة

تستخدم دارة التبريد الامتصاصية والموضّحة بالشكل(1-1) محلولاً متجانساً من مادتين هما وسيط التبريد والمادة الماصة؛ يتمّ فصل وسيط التبريد عن المادة الماصّة في المولّد على شكل بخار مقاد إلى المكثّف. تعمل دارة التبريد الامتصاصية عند ضغطين مختلفين، أمّا الضغط العالي فهو ضغط المولّد الذي يتساوى مع ضغط المكثّف، وأمّا الضغط المنخفض فهو ضغط الماصّ الذي يتساوى مع ضغط المبخر، وتقوم المضخة برفع ضغط المحلول من الضغط المنخفض إلى الضغط المرتفع [7].



الشكل (1-1): دارة التبريد الامتصاصية أحادية المرحلة

عند تسخين المحلول في المولّد عن طريق الطاقة الشمسية يبدأ بخار مائع التبريد بالانفصال عن المحلول متجهاً نحو المكثّف فيتمّ تكثيفه حيث تتطلب عملية التكثيف تبريداً من الوسط الخارجي ثم يتمّ تخفيض ضغطه من الضغط العالي (ضغط المكثّف) إلى الضغط المنخفض (ضغط المبخر) بتمريره عبر صمام التمدد. يتمّ الحصول على حمل التبريد في المبخر حيث يتمّ تسخين وسيط التبريد [8,9].

أما في الجزء الثاني من الدارة فيسمى المحلول العائد من المولد باتجاه الماصّ بالمحلول الفقير (يحتوي على نسبة قليلة من وسيط التبريد)، نظراً لانفصال وسيط التبريد عنه في المولّد. يتمّ تخفيض ضغط المحلول الفقير خلال صمام تمدد ثم يقوم هذا المحلول بالامتزاج مع بخار وسيط التبريد القادمة

من المبخر متحولاً إلى محلول غني (يحتوي على نسبة كبيرة من وسيط التبريد)، وينتج عن عملية الامتزاج كمية من الحرارة لذلك يتطلب الماصّ تبريداً من الوسط الخارجي. يتضح مما سبق أن تشغيل دارة التبريد الامتصاصية يحتاج إلى حرارة تضاف للمولّد وعمل للمضخة بدلاً من العمل اللازم للضاغط في حالة استعمال دارة التبريد الانضغاطية، إن قيمة العمل اللازم للمضخة صغير جداً مقارنةً بالعمل اللازم لإدارة الضاغط في دارة التبريد الانضغاطية نظراً لأن العمل المطلوب لرفع ضغط السوائل (باعتبارها غير قابلة للانضغاط) أقل بكثيرٍ من العمل اللازم لرفع ضغط الغازات[8,9].

1-4- دارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة

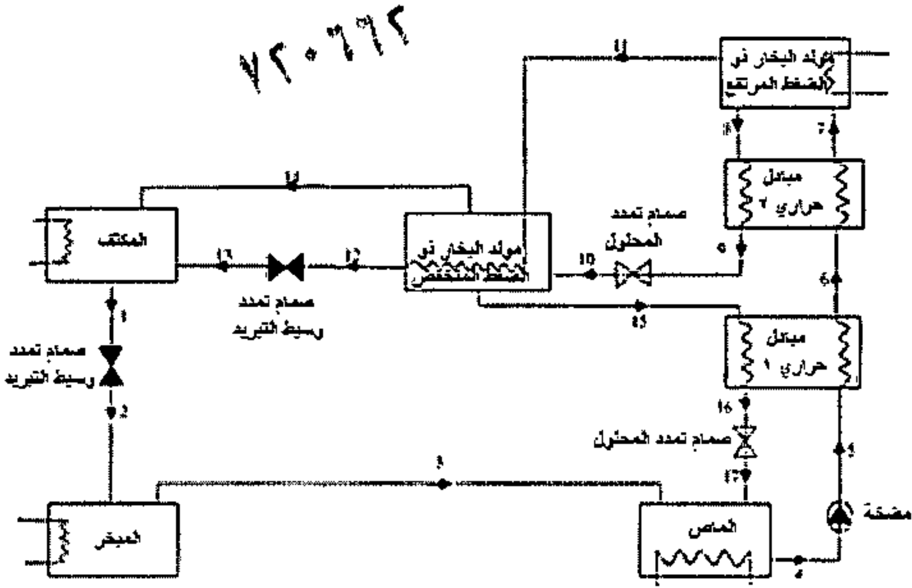
تعدّ معامل الأداء المنخفض مشكلةً أساسيةً بالنسبة لدارات التبريد الامتصاصية أحادية المرحلة [10] ولاسيما مع الكلفة التأسيسية العالية لهذه الدارة لذلك كان من الضروري البحث عن طريقة لرفع معامل الأداء لدارة التبريد الامتصاصية الأحادية المرحلة للحصول على أداء جيد يعوض الكلفة المرتفعة، وكان ذلك بمضاعفة مراحل التبريد الذي من شأنه أن يرفع معامل الأداء لدارة التبريد الامتصاصية الأحادية المرحلة إلى حد كبير [6,11].

إن عملية مضاعفة مراحل التبريد لا يمكن أن تتمّ عشوائياً، فهنالك عدة تصاميم لآلة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة تختلف عن بعضها بعضاً بطريقة توضع المكونات وأحياناً بوجود عناصر إضافية في الدارة، كما أنه لكلّ تصميم معامل أداء مختلف عن بقية التصاميم فكان لا بد من اختيار التصميم الأمثل والذي يعطي معامل أداء أكبر[12]. ونظراً للكلفة المرتفعة لآلة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة فإنه من الصعب على أي مؤسسة بحثية أو علمية بناء النماذج المختلفة للدارة الامتصاصية الثنائية المرحلة ومقارنتها تجريباً. وبالتالي تعدّ طريقة مقارنة هذه الأنظمة عن طريق التحليل الترموديناميكي والمتبعة في هذا البحث طريقة سهلة نسبياً وغير مكلفة للوصول إلى التصميم الأمثل. وتوضح الفقرة اللاحقة مبدأ عمل وتصاميم دارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة.

1-5- عرض لبعض تصاميم دارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة

يوجد عدة تصاميم لدارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة تختلف عن بعضها بطريقة ترتيب المكوّنات أو بوجود مكوّنات إضافية للدارة .

يدعى التصميم الأول بدارة التبريد الامتصاصية التسلسلية [12,13] وهي موضّحة بالشكل (1-2).

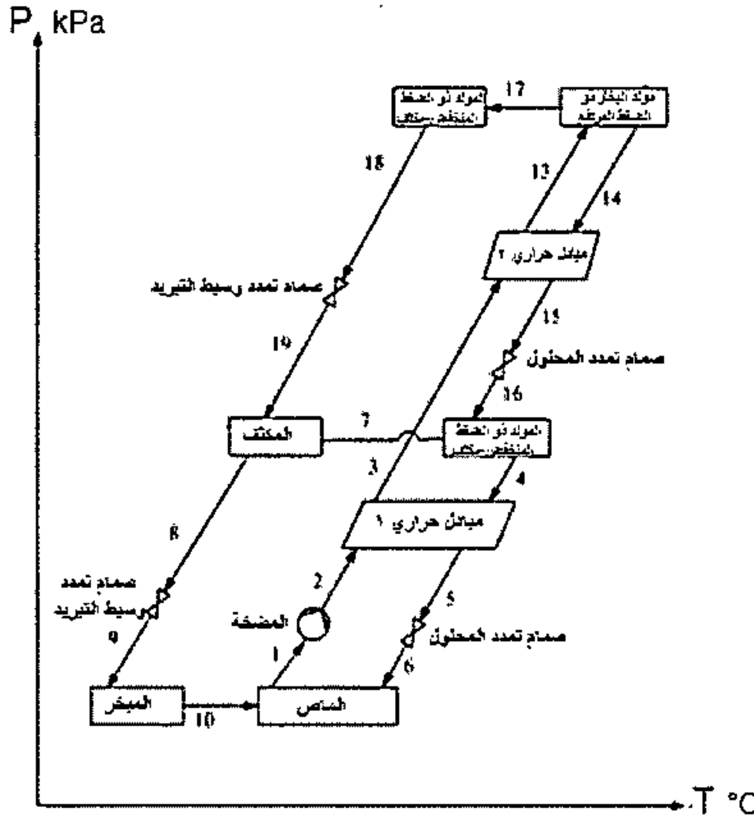


الشكل (1-2): دارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة التسلسلية

تتألف الدارة من مضّخة للمحلول و صمامي تمدد للمحلول وآخرين لوسيط التبريد بالإضافة إلى ماصّ ومبخر ومولّد بخار ذي ضغط مرتفع ومولد بخار ذي ضغط منخفض الذي يلعب دور مولّد بخار عند الضغط المتوسط للدارة وكذلك مكثّف لبخار وسيط التبريد الناتج عن مولّد البخار ذي الضغط المرتفع ومبادلين حراريين ومكثّف.

يغادر المحلول الماصّ بوسيط التبريد ويكون غنياً، ويتمّ ضخه عن طريق المضخة إلى مولّد البخار ذي الضغط المرتفع عبر المبادلات الحرارية، ويتمّ في مولّد البخار ذي الضغط المرتفع فصل جزءٍ من بخار وسيط التبريد من المحلول الغني ليتحول إلى محلول متوسط التركيز بواسطة التبريد ويمرّ عبر المبادل الحراري الثاني ذي الضغط المرتفع، ومن ثم يتمّ تخفيض ضغطه عن طريق صمام التمدد إلى ضغط مولّد البخار ذي الضغط المنخفض. أمّا بخار وسيط التبريد الناتج عن مولد البخار ذي الضغط المرتفع فإنه يتمّ تكثيفه في مولد البخار ذي الضغط المنخفض ، الذي يلعب دور مكثفٍ لأبخرة وسيط التبريد ذات الضغط المرتفع. أما المحلول المتوسط التركيز الناتج عن مولد البخار ذي الضغط المرتفع فيتجه إلى مولد البخار ذي الضغط المنخفض ليتمّ فصل كمية إضافية من بخار وسيط التبريد التي تتجه إلى المكثّف لتمتزج مع وسيط التبريد المتكاثف والناتج عن مولّد البخار ذي الضغط المرتفع بعد تكثيفه في مولّد البخار ذو الضغط المنخفض وتمدده في صمام تمدد، ويدعى المحلول الناتج عن مولّد البخار ذي الضغط المنخفض بالمحلول الفقير الذي يتجه إلى الماصّ ماراً بالمبادل الحراري الثاني ذي الضغط المنخفض وصمام تمدد الذي يخفض ضغطه إلى ضغط الماصّ. يغادر وسيط التبريد

المكثّف ليتمدد في صمام التمدد من (1 إلى 2) ويتمّ تخفيض ضغطه إلى ضغط الماصّ، وليدخل المبخر الذي تتمّ فيه عملية سحب كمية الحرارة من الوسط المراد تبريده وليتحول سائل وسيط التبريد إلى بخارٍ جافٍ مشبعٍ على مخرج المبخر والذي يمتزج مع المحلول الفقير القادم من مولّد البخار ذي الضغط المنخفض في الماصّ لينتج لدينا محلولٌ غني مرة أُخرى ولتتكرر العملية السابقة. يظهر الشكل (1−3) الدارة التسلسلية ممثلة على مخطط درجة الحرارة الضغط [14].

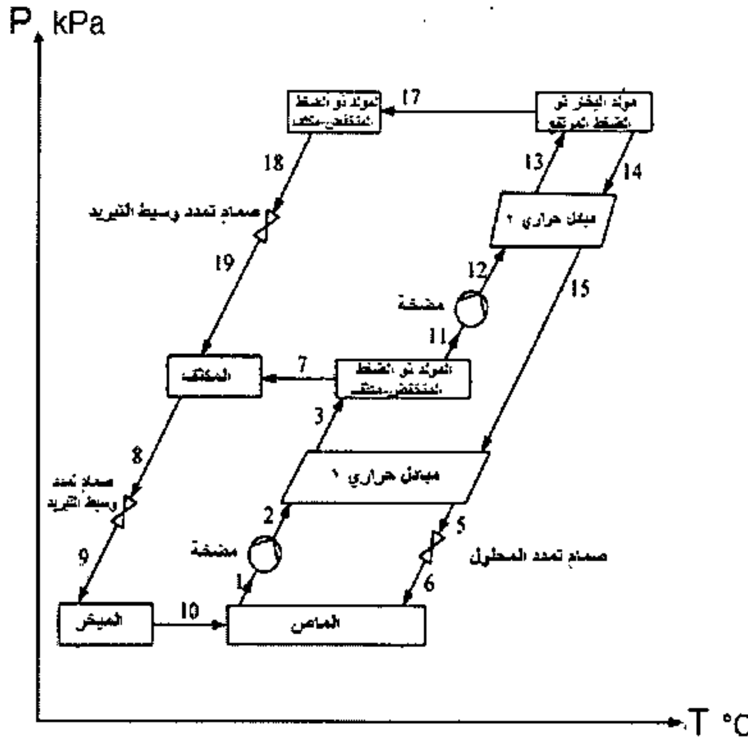


الشكل(1−3): دارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة التسلسلية ممثلة على مخطط

(درجة حرارة − ضغط)

تتبادل الدارة كمية من الحرارة مع الوسط الخارجي فيتمّ في المكثّف والماصّ طرح حرارة إلى الوسط الخارجي، بينما يتمّ في المبخر سحب حرارة من الوسط الخارجي كما نقوم بتقديم كمية من الحرارة إلى مولّد البخار ذي الضغط المرتفع واللازمة لفصل وسيط التبريد عن المحلول، و يتمّ ذلك عن طريق المجمعات الشمسية بينما لا نحتاج لتقديم طاقة حرارية لمولّد البخار ذي الضغط المنخفض الذي يلعب دور (مكثف−مولد) وذلك لأن كمية الحرارة الناتجة عن تكاثف بخار وسيط التبريد ذي الضغط المرتفع في مولّد البخار ذي الضغط المنخفض تستخدم لتشغيل المولّد نفسه. ومن الجدير بالذكر أن عمليات التبخير والتكاثف في كلٍّ من المولّدات والمبخر والمكثّف تتمّ عند ضغطٍ ثابتٍ.

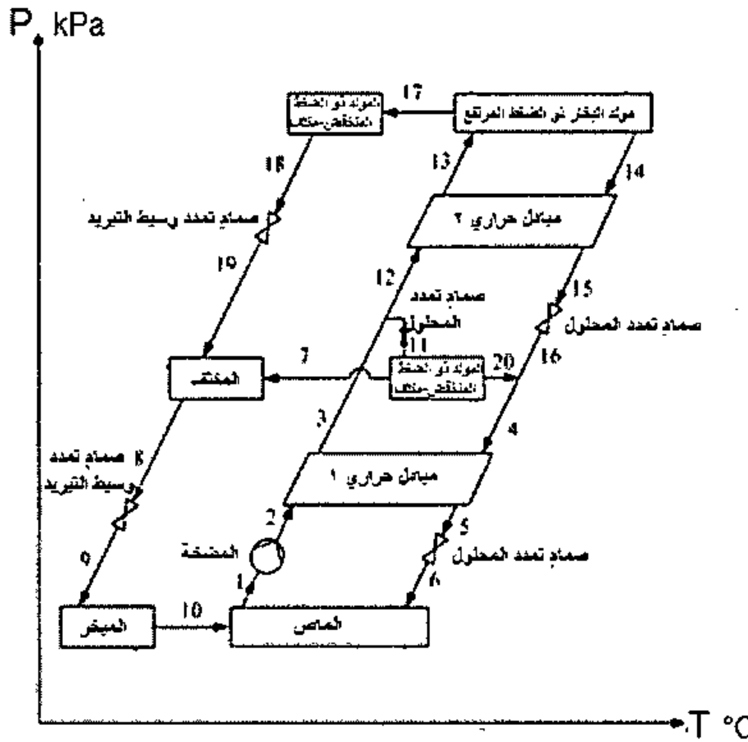
تدعى الدارة الموضّحة بالشكل (1-4) بدارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة العكسية وهي شبيهة بالدارة السابقة من حيث المكوّنات وطريقة أدائها وتختلف بطريقة توزع هذه المكوّنات. حيث يتّجه المحلول الغني وبعد مغادرته الماصّ مباشرة إلى مولّد البخار ذي الضغط المنخفض ماراً بالمضخة والمبادل الحراري الأول ذي الضغط المنخفض؛ إذ يتمّ فصل جزء من بخار وسيط التبريد عن المحلول ليتحول إلى محلول متوسط التركيز بوسيط التبريد، ويتجه عبر المضخة والمبادل الحراري الثاني ذي الضغط المرتفع إلى مولّد البخار ذي الضغط المرتفع ليتمّ فصل جزء آخر من بخار وسيط التبريد ليتحول المحلول إلى محلولٍ فقيرٍ بوسيط التبريد.



الشكل(1-4): دارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة العكسية ممثلة على مخطط (درجة حرارة-ضغط)

أمّا بخار وسيط التبريد الناتج من مولّد البخار ذي الضغط المرتفع فيتكاثف في مولّد البخار ذي الضغط المنخفض الذي يلعب دور مكثّف في هذه الحالة كما هو مذكور سابقاً، وتتمدد هذه الأبخرة في صمام التمدد لتمتزج مع بخار وسيط التبريد، الناتج عن عملية تبخير وسيط التبريد في مولّد البخار ذي الضغط المنخفض، في المكثّف ليتجه السائل المتكاثف بعدها وعبر صمام التمدد إلى المبخر ليقوم بعملية التبريد، ويتحول إلى بخارٍ جافٍ مشبعٍ على مخرج المبخر ويمتزج مع المحلول الفقير المغادر لمولّد البخار ذي الضغط المرتفع والمار عبر المبادلات الحرارية وصمام تمدد في الماصّ ليتحول إلى محلول غني على مخرج الماصّ ، وتعاد الكرّة من جديد [12,15].

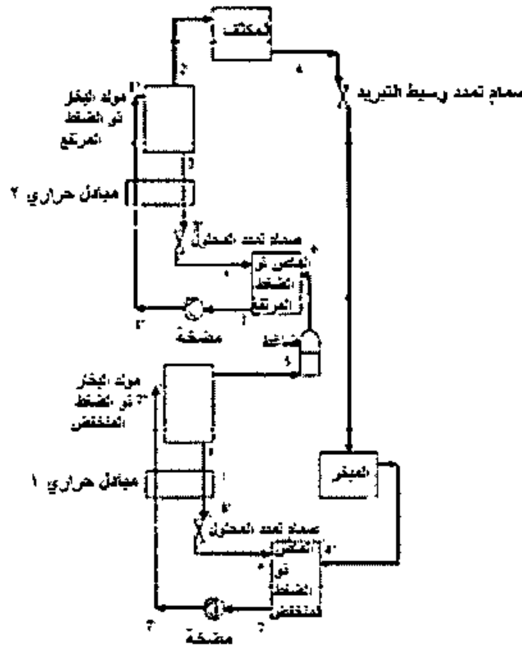
تدعى الدارة المبيّنة بالشكل (5-1) بدارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة ذات الجريانات المتوازية التي تشبه الدارتين السابقتين من حيث المكوّنات وتختلف بطريقة توزعها. حيث يتفرع المحلول الغني بعد خروجه من الماصّ إلى فرعين أحدهما يتجه إلى مولّد البخار ذي الضغط المرتفع والآخر يتمدد في صمام التمدد، ويتجه إلى مولد البخار ذي الضغط المنخفض؛ إذ يتمّ في المولدين فصل بخار وسيط التبريد عن المحلول ليتحول إلى محلولٍ فقيرٍ. ويجتمع المحلول الفقير القادم من مولّد البخار ذي الضغط المرتفع وبعد مروره بالمبادل الحراري الثاني ذي الضغط المرتفع مع مثيله القادم من مولّد البخار ذي الضغط المنخفض ليمرّ بالمبادل الحراري الأول ذي الضغط المنخفض ويتجه إلى الماصّ.



الشكل (5-1): دارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة ذات الجريانات المتوازية ممثلة على مخطط (درجة حرارة-ضغط)

وكما هي الحال في التصاميم السابقة يتكاثف بخار وسيط التبريد بعد خروجه من مولّد البخار ذي الضغط المرتفع في مولّد البخار ذي الضغط المنخفض الذي يلعب دور مكثف لأبخرة التبريد ذات الضغط المرتفع، والتي تمتزج بعض تكاثفها وتمددها في صمام التمدد مع أبخرة وسيط التبريد الناتجة عن مولّد البخار ذي الضغط المنخفض وذلك في المكثف؛ إذ تتكاثف وتتمدد في صمام التمدد وتتجه إلى المبخر لتقوم بعملية التبريد المطلوبة، ومن ثم إلى الماصّ لتمتزج مع المحلول الفقير القادم من المولّدات [16,17].

يختلف التصميم الرابع والموضّح بالشكل (1-6) قليلاً عن بقية التصاميم فيمكن تشبيهه بدارتي تبريد امتصاصيتين أحاديتي المرحلة موصولتين بضاغط، ويمكن اصطلاحاً القول بأنها تتألف من دارة تبريد أحادية ذات ضغطٍ منخفضٍ وأخرى ذات ضغطٍ مرتفعٍ و تتألف كلٌّ منهما من ماصّ ومولّد بخار ومبادل حراري وصمام تمدد ومضخة. وتوصل الدّارتان بضاغط مع وجود مكثّف وصمام تمدد للدارة ويكون سير العملية على النحو الآتي: يغادر المحلول الغني ماصّ الدارة الأحادية ذات الضغط المنخفض ويمرّ عبر المضخة والمبادل الحراري الأول ذي الضغط المنخفض ليدخل مولّد بخار دارة التبريد ذات الضغط المنخفض، وهنا يغادر المحلول جزء من وسيط التبريد على شكل بخار. أما المحلول النّاتج فهو محلول فقير بوسيط التبريد يعود إلى ماصّ الدارة نفسها، وأما بخار وسيط التبريد فيتمّ ضغطه في الضاغط ليتجه بعدها إلى ماصّ دارة التبريد الأحادية ذات الضغط المرتفع ليتجه بعدها المحلول الغني وكما في الدارة الأولى إلى مولّد البخار ذي الضغط المرتفع ليغادر قسم كبير من وسيط التبريد المحلول على شكل بخار، وليتحول المحلول إلى محلولٍ فقيرٍ بوسيط التبريد يعود إلى الماصّ عبر المبادل الحراري الثاني ذي الضغط المرتفع ليمتزج من جديد ببخار وسيط التبريد المغادر لدارة التبريد ذات الضغط المنخفض والقادم من الضاغط.



الشكل(1-6): دارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة مع ضاغط للبخار بين المرحلتين

يتكاثف البخار الناتج عن الدارة ذات الضغط المرتفع في المكثّف ويتجه بعدها إلى المبخر ليتحول عند مخرجه إلى بخارٍ جافٍ مشبع بعد قيامه بعملية التبريد المطلوبة، وليمتزج بالمحلول الضعيف من جديد في ماصّ دارة التبريد ذات الضغط المنخفض، تختلف هذه الدارة عن بقية التصاميم بوجود ضرورة لتقديم كمية من الحرارة لكلا المولّدين عن طريق المجمعات الشمسية ويعمل كلا المولّدين عند درجات حرارة متساوية، ولابد أيضاً من تقديم عمل للضاغط الواصل بين الدارتين. وكما في الدارات السابقة يتم طرح كمية من الحرارة إلى الوسط الخارجي من المحلول في المكثّف بينما يحدث العكس في المبخر والماصّ. ولعل أهم ما يميّز هذه الدارة عن بقية التصاميم أنّها تعمل عند درجات حرارة منخفضة نسبياً للمولد، وبالتالي تعدّ مناسبة للعمل في الحالات التي يصعب فيها تأمين درجات حرارة عالية لمولّدات البخار [18,19].

6-1 – أهمية البحث وأهدافه :

إن الغرض من هذه الدراسة هو الوصول إلى التصميم الأمثل من تصاميم الدارة الامتصاصية ثنائية المرحلة ذي معامل الأداء الأكبر باستخدام برنامج Engineering Equation Solver (EES) وإجراء دراسة مفصلة للتصاميم وذلك بتغيير درجة الحرارة لكلّ مكوّن من مكوّنات الدارة ضمن مجال معيّن، وكذلك استطاعة التبريد ومردود المبادلات الحرارية ودراسة تأثير هذا التغيير في معامل الأداء للدارة وكميات الحرارة المتبادلة وغيرها..... وبالتالي الحصول على صورة واضحة عن سلوك هذه التصاميم وأدائها عند مختلف مجالات العمل ومقارنتها مع بعضها بعضاً [12].

استخدم في هذا البحث محلول بروميد الليثيوم– ماء (LiBr-H2O) كمحلول عامل في الدارة حيث يشكل الماء وسيط التبريد و بروميد الليثيوم المادة الماصة.

وتعدّ طريقة مقارنة الدارات المختلفة باستخدام التحليل الترموديناميكي والمستخدمة في هذه الدراسة طريقة سهلة نسبياً وغير مكلفة للوصول إلى التصميم الأفضل وتغني عن بناء نماذج فعلية على أرض الواقع للتصاميم المختلفة لمقارنتها مع بعضها بعضاً التي تعدّ عملية صعبة ومكلفة جداً بالنسبة لأية مؤسسة علمية أو بحثية.

الفصل الثاني

الدراسة المرجعية

[1] غاية البحث هو نمذجة دارة التبريد الامتصاصية أحادية المرحلة تعمل بمحلول (بروميد الليثيوم – ماء) باستطاعة تبريد 17.5 kW ضمن ظروف جوية لمنطقة الأهواز التي تعدّ من أكثر مناطق إيران حرارةً وبمجمعات شمسية على شكل قطع مكافئ؛ إذ أظهرت النتائج أنه لمعدل التدفق الكتلي في المجمعات أثر مهمل في مساحة المجمعات المطلوبة ولكن له أثر هام في سعة خزان الدارة الشمسية. المساحة الأصغرية المطلوبة للمجمعات هي $57.6\ m^2$ التي تستطيع تأمين حمل التبريد المطلوب من أجل طاقة شمسية لشهر تموز.

[2] يتناول هذا البحث الذي هو أطروحة دكتوراه قُدمت في جامعة KTH السويدية دارات التبريد العاملة بالطاقة الشمسية بشكلٍ عام، ويركز بشكلٍ خاص على دارة التبريد الشمسية ذات القاذف التي تمّ نمذجتها ودراسة سلوكها وذلك من أجل وسائط تبريد مختلفة مثل الأمونيا، الماء والميثانول. وعلى سبيل المثال لوحظ تزايد معامل الأداء بتزايد درجة حرارة المبخر وكذلك بتزايد درجة حرارة دخول وسيط التبريد إلى القاذف.

[3] تتناول هذه الدراسة دارة التبريد الامتصاصية ذات الجريانات المتوازية، وتعمل بمحلول (بروميد الليثيوم – ماء)، تقدّم الحرارة للمولّد عن طريق الغاز، وتبرد بالهواء وضمن ظروف عمل الصين باستطاعة تبريد 16 kW، وتعدّ البديل الأمثل لدارة التبريد الانضغاطية التي تحتاج لطاقة كهربائية عالية مما يؤدي إلى الوصول إلى قيم استهلاكية عالية للطاقة الكهربائية في أوقات الذروة في المدن الكبيرة. كما تمّ نمذجة هذه الدارات حاسوبياً ودراسة أثر درجة حرارة الوسط الخارجي في سلوك الدارة وأدائها، وعلى سبيل المثال أظهرت الدراسة تناقص معامل الأداء مع تزايد درجة حرارة الهواء الخارجي.

[4] يتناول هذا البحث والذي هو أطروحة لنيل درجة الدكتوراه دارة التبريد الامتصاصية العاملة بمحلول (بروميد الليثيوم – ماء)، والمزودة بقاذف يقوم بضغط البخار لمرحلة تمكّن من استخدامه لإعادة تسخين المحلول الذي تمّ استخلاصه منه، وقد أظهرت النتائج تحسّن معامل الأداء نتيجة إضافة القاذف الذي يسهم أيضاً في تجنّب حدوث الصدأ عند استخدام مصادر للطاقة الحرارية عند درجات عالية جداً. وقد تمّ إجراء نماذج رياضية ونماذج فعلية على أرض الواقع وإجراء تجارب عليها وقد أعطت تطابقاً مع النتائج النظرية التي تمّ الحصول عليها.

[5] يتناول هذا البحث دارة التبريد الامتصاصية ذات القاذف العاملة بمحلول (أمونيا- ماء) وإمكانية تشغيلها اعتماداً على الطاقة الشمسية في تركيا على مدار السنة، وفي مختلف مدنها؛ إذ تمت الدراسة في سبع عشرة مدينة تركية مختلفة، وأظهرت الدراسة أن استخدام المجمعات بمساحة $3m^2$ كافية لتشغيل دارة التبريد السابقة في كافة المدن التركية وذلك خلال ثمانية أشهر سنوياً (من شهر آذار حتى شهر تشرين الأول) وكانت بارامترات العمل الأولية على النحو الآتي :

t_{ev}=5 °C t_{ab}=30 °C

t_{con}=40 °C t_g=90 °C

وعند هذه الشروط كان COP= 0.739.

[6] تمّ في هذه الدراسة إجراء مقارنة بين دارة التبريد الامتصاصية أحادية المرحلة وثنائية المراحل؛ إذ تمّ إجراء نماذج رياضية للدارتين ودراستهما. وقد بيّنت الدراسة أن معامل أداء الدارة الثنائية يعادل تقريباً ضعف معامل أداء دارة التبريد الأحادية المرحلة. كما أظهرت الدراسة أن تغيير مردود الإكسيرجي لدارة التبريد الامتصاصية الثنائية صغير مقارنة بتغيير مردود الإكسيرجي للدارة الأحادية وذلك مع تغيّر بارامترات العمل.

[7] تمّ في هذا البحث دراسة الدارة اللازمة لتزويد دارة التبريد الامتصاصية بالطاقة الحرارية الأرضية الجوفية، ومن ثم إجراء دراسة لدارة التبريد الامتصاصية الأحادية العاملة بمحلول (بروميد الليثيوم – ماء) أولاً ومن ثم بمحلول (أمونيا – ماء) ثانياً. وتعمل هذه الدارة بالطاقة الحرارية الأرضية؛ إذ ركزت الدراسة على حساب معامل الأداء ومساحة المبادلات الحرارية اللازمة لعمل الدارة، وتمّ دراسة أثر تغيير تدفق كلّ من وسيط التبريد العامل في دارة التبريد ووسيط التسخين في الدارة الأرضية. كما تمّت دراسة تغيير سلوك الدارة مع تغيير درجة حرارة المبخر.

[8] غاية البحث هو إجراء دراسة لأداء دارة التبريد الامتصاصية أحادية المرحلة العاملة بمحلول (بروميد الليثيوم – ماء) وخصائصها، وتمّ إجراء عملية تحليل ترموديناميكي وعرض لمعدّلات موازنة الكتلة والطاقة لمكوّنات الدارة المختلفة، ومن ثم استخدام هذه المعادلات لإجراء نموذج برمجي للدارة عند شروط عمل محددة نعرضها فيما يأتي:

t_{ev} =6 °C

درجة حرارة المحلول الغني المغادر للمبادل الحراري = 65 °C

t_{con} = 40 °C

t_g =90°C

درجة حرارة وسيط التبريد المغادر لمولّد البخار= 95 °C

النسبة الكتلية لبروميد الليثيوم في المحلول الغني= 55 %

النسبة الكتلية لبروميد الليثيوم في المحلول الفقير=6%

وكان معامل الأداء عند هذه الشروط COP = 0.7

وتمّ تغيير هذه الشروط ودراسة أثر هذا التغيير في سلوك الدارة وقد تمّ كخطوة تالية إجراء تصميم للدارة عند شروط العمل الموضّحة أعلاه.

[9] تمّ في هذه الدراسة إجراء تحليل ترموديناميكي لدارة التبريد الامتصاصية الأحادية ودارة التبريد الامتصاصية الثنائية التسلسلية العاملة بمحلول (بروميد الليثيوم – ماء) وذلك عند شروط عمل محددة موضّحة فيما يأتي من أجل الدارة الأحادية :

t_{ev}=7.2 °C

t_{ab}=37.8 °C

t_{con}=37.8 °C

t_g=87.8 °C

ζ_{HE}=70 %

التدفق الكتلي لوسيط التبريد= 1 kg/s .

وأعطت الدارة عند شروط معامل أداء COP= 0.767.

شروط العمل من أجل الدارة الثنائية :

t_{ev}=7.2 °C

t_{ab}=37.8 °C

t_{con}=37.8 °C

t_{gh}=140 °C

ζ_{HE}=70 %

التدفق الكتلي لوسيط التبريد=1 kg/s

وأعطت الدارة عند شروط معامل أداء COP= 1.26

و قد تمّ تغيير هذه الشروط ضمن مجالٍ محددٍ ودراسة أثر هذا التغيير في معامل الأداء لكلتا الدّارتين.

[10] غاية البحث هي دراسة أثر إضافة مجمعات شمسية لدارة التبريد الامتصاصية العاملة بمحلول (بروميد الليثيوم – ماء) وبمولّدات عاملة في الغاز؛ إذ كان غرض الدراسة هو دراسة إمكانية تقليل استهلاك الغاز قدر الإمكان بإضافة المجمعات الشمسية، وتمّ نمذجة أنظمة بمجمعات شمسية ذات مساحة m^2 230 وتمّ البدء بدارة التبريد الأحادية ذات المجمعات المسطحة وبظروف عمل في يوم من شهر حزيران في الجزائر؛ إذ أظهرت النتائج أنه يمكن الاستغناء عن الغاز في تلك الدارة التي أعطت استطاعة تبريد 50 kW وعند ظروف العمل نفسها أعطت دارة التبريد الامتصاصية الأحادية ولكن بمجمعات شمسية مقعرة توفيراً باستهلاك الغاز مقداره 39%. أما فيما يخصّ دارة التبريد الامتصاصية الثنائية فقد أعطت مع مجمعات شمسية مسطحة توفيراً باستهلاك الغاز بمقدار32% وأعطت مع مجمعات مقعرة توفيراً باستهلاك الغاز مقداره 86%. كما تمّ تطبيق الدراسة من أجل المناطق الشمالية من الكرة الأرضية كأوسلو وأعطت الدراسة أن هناك توفيراً باستهلاك الغاز بمقدار 67% من أجل دارة التبريد الامتصاصية الثنائية مع مجمعات مقعرة على سبيل المثال.

[11] تمّ في هذا البحث إجراء تحليل ترموديناميكي ونمذجة لدارة التبريد الامتصاصية الأحادية ودارة التبريد الامتصاصية الثنائية التسلسلية، ودارة التبريد الامتصاصية الثلاثية، وتمّ حساب معامل الأداء ومردود الإكسيرجي لها عند شروط عمل محددة؛ إذ لوحظ أنه للدارة الثنائية معامل أداء يعادل تقريباً ضعف معامل أداء الدارة الأحادية بينما للثلاثية معامل أداء يقلّ بقليل عن ثلاثة أضعاف معامل أداء الدارة الأحادية، ولوحظ أن مردود الإكسيرجي للدارة الثنائية والثلاثية يتغيّر ببطء مقارنة بمردود الإكسيرجي للدارة الأحادية وذلك مع تغيّر بارامترات العمل الأولية، كما وجد أنه لكلّ درجة حرارة مكثّف ولكلّ درجة حرارة مبخر يوجد درجة حرارة للمولّد حيث تكون قيمة معامل الأداء للدارة ومردود الإكسيرجي أعظميين.

[12] تمّ إجراء تحليل الإكسيرجي لدارة التبريد الامتصاصية الأحادية والثنائية والثلاثية المراحل وذات النصف مرحلة والعاملة بمحلول (بروميد الليثيوم – ماء) وكذلك تمّ إجراء دراسة ترموديناميكية وحساب معامل الأداء ومردود الإكسيرجي للدارات السابقة عند شروط عمل واحدة. كما تمّت دراسة تأثير تغير درجة حرارة المصدر الحراري الذي يمدّ الدارة بالطاقة على معامل الأداء ومردود الإكسيرجي وفيما يأتي نوضّح شروط العمل الأولية:

استطاعة التبريد = 1000 kW.

درجة حرارة دخول الماء المبرّد على الترتيب وخروجه =°C 7.2–11.7 .

درجة حرارة دخول المياه المستخدمة للتبريد على الترتيب وخروجه =°C 32 – 29.4 .

الفرق الأصغري لدرجات الحرارة في المبادلات الحرارية =°C 0.2 .

درجة حرارة الوسط الخارجي =°C 15.

الضغط الجوي = 100 kPa .

وتمّ التوصل إلى النتائج الآتية :

الدارة	COP	مردود الإكسيرجي
الدارة ذات النصف مرحلة	0.458	0.359
الدارة الأحادية المرحلة	0.88	0.438
الدارة الثنائية التسلسلية	1.655	0.473
الدارة الثلاثية التسلسلية	2.312	0.447

كما لوحظ وبالنسبة لجميع الدارات تناقص كلّ من معامل الأداء ومردود الإكسيرجي مع تزايد درجة حرارة المصدر الحراري للدارة.

[13] تمّ في هذا البحث نمذجة دارة التبريد الامتصاصية الثنائية التسلسلية وإجراء تحليل الإكسيرجي لكلّ مكوّن من مكوّناتها وحساب جميع الضياعات في إكسيرجي الدارة وكذلك حساب معامل الأداء ومردود الإكسيرجي للدارة. وخلصت الدراسة إلى تحسن أداء الدارة بزيادة درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المنخفض وإلى تراجع أداء الدارة بازدياد درجة حرارة موّد البخار ذي الضغط المرتفع. كما تحصل أكبر قيم لضياعات الإكسيرجي في كلّ من الماصّ ومولّد البخار ذي الضغط المرتفع.

[14] تمّ في هذا البحث إجراء دراسة وعمل نموذج رياضي لدارة التبريد الامتصاصية الثنائية التسلسلية العاملة بمحلول (بروميد الليثيوم – ماء) وذلك عند استطاعة تبريد 200 kW التي يمكن أن تعمل في الصيف عند درجة حرارة 170°C باستخدام الغاز الطبيعي، أو يمكن أن تعمل كدارة أحادية عند درجة حرارة 90 °C باستخدام المجمعات الشمسية وذلك عند درجة حرارة ماصّ مساوية 30 °C درجة مئوية لكلتا الحالتين؛ إذ أعطت الدراسة معامل أداء من أجل الدارة الثنائية COP = 1.23.

[15] يدرس هذا البحث أثر إضافة ماص ضاغط للبخار (VRA) لدارة التبريد الامتصاصية الثنائية في معامل الأداء للدارة؛ إذ أظهرت النتائج أن إضافة هذا المكوّن تسبب زيادة في معدّل التدفق الكتلي لوسيط التبريد بالدارة وهذا ما يزيد استطاعة التبريد للجملة ومعامل الأداء COP، أيضاً وقد تمّ عمل نموذج رياضي للدارة عند شروط عمل محددة موضحة فيما يأتي:

معامل انتقال الكلّي مضروباً بمساحة سطح التبادل الحراري للماص = 6.06 kW/K .

معامل انتقال الحرارة الكلّي مضروباً بمساحة سطح التبادل الحراري للمكثّف الثاني = 17.74 kW/K.

معامل انتقال الحرارة الكلّي مضروباً بمساحة سطح التبادل الحراري للمكثّف الأول وللمولّد الثاني = 3.37 kW/K .

معامل انتقال الحرارة الكلّي مضروباً بمساحة سطح التبادل الحراري للمبخر = 11.84 kW/K.

معامل انتقال الحرارة الكلّي مضروباً بمساحة سطح التبادل الحراري للمولد الأول = 8.42 kW/K .

معامل انتقال الحرارة الكلّي مضروباً بمساحة سطح التبادل الحراري للمبادلات الحرارية = 2.01 kW/K

معامل انتقال الحرارة الكلّي مضروباً بمساحة سطح التبادل الحراري للماصّ الضاغط للبخار= 0.5 kW/K .

التدفق الكلّي لماء التبريد إلى الماصّ ومن ثم إلى المكثف الثاني = 3.62 kg/s .

التدفق الكلّي لوسيط التسخين المتجه إلى المولد الأول = 3.12 kg/s .

التدفق الكلّي للماء المبرد من المبخر = 2.25 kg/s .

التدفق الكلّي للمحلول الضعيف = 0.45 kg/s .

درجة حرارة المصدر الحراري للدارة = 120 °C.

درجة حرارة مياه التبريد على مدخل الدارة =29.4 °C .

درجة حرارة الخروج للماء المبرَد =7.2 °C .

وقد تم التوصل - عند تطبيق هذه الشروط - إلى أن معامل الأداء للدارة بوجود الماصّ الضاغط للبخار هو أكبر ب 6.5% من الدارة من دونه ويزداد معامل الأداء بازدياد معامل انتقال الحرارة لذلك الماصّ. وكذلك سعة التبريد للدارة مع الماصّ الضاغط للبخار هي أكبر ب 7.5% من الدارة من دونه وأيضاً تزداد هذه السعة بازدياد معامل انتقال الحرارة للماصّ الضاغط للبخار.

[16] تمّ في هذا البحث إجراء تحليل ترموديناميكي ونمذجة رياضية لدارة التبريد الامتصاصية ذات الجريانات المتوازية والعاملة بمحلول (الأمونيا– ماء)، وكانت غاية النمذجة هي تحديد الخصائص الترموديناميكية للدارة وحساب العمل وكمية الحرارة المتبادلة مع الوسط المحيط. واستخدمت نتائج النمذجة لدراسة أثر بارامترات العمل المختلفة في معامل الأداء للدارة وقد أظهرت النتائج أن درجة حرارة الماصّ والمكثف ومراديد المبادلات الحرارية لها أثرٌ كبيرٌ في معامل أداء الجملة.

[17] يقوم هذا البحث بدراسة دارة التبريد الامتصاصية الثنائية ذات الجريانات المتوازية باستطاعة تبريد 16 kW ، التي يمكن أن تزود بالطاقة الحرارية عن طريق بخار الماء أو الغاز عند درجة حرارة 160 °C وتعمل بمحلول (بروميد الليثيوم – ماء) وقد تمّ إجراء نموذج رياضي للدارة ودراسة أثر كلّ من درجة حرارة الماء المستخدم للتبريد وتدفقه ودرجة حرارة الماء المبرَد وتدفقه، وضغط المكثّف على

معامل الأداء للدارة واستطاعة التبريد، وقد أعطت الدارة عند درجة حرارة مبخر مساوية لـ 7 °C ودرجة حرارة مكثّف مساوية لـ 35 °C معامل أداء COP=1.1.

[18] تمّ في هذا البحث إجراء دراسة وتحليل ترموديناميكي لدارة التبريد الثنائية الهجينة (امتصاصية ثنائية ذات ضاغط بين المرحلتين) تستخدم محلول (أمونيا – ماء) وتعمل بدرجة حرارة مولّد مساوية لـ 62 °C ودرجة حرارة مكثّف مساوية لدرجة حرارة الماصّ ومساوية 35 °C ودرجة حرارة المبخر −10 °C وتمّ دراسة تزويد الدارة بطاقة حرارية مساوية لـ 4.4 MW مستمدة من مصادر جوفية في جنوب تونس، وتمّ التوصل إلى أن الدارة قادرة على إنتاج 865 ton من الثلج يومياً؛ إذ تعمل باستطاعة تبريد مقدارها 380 kW ومقارنة مع دارة تبريد انضغاطية تعمل بوسيط التبريد R_{123a} عند استطاعة التبريد نفسها فإن الدارة الامتصاصية ذات استهلاك أقل بكثير للطاقة الكهربائية من الدارة الانضغاطية التقليدية ، وذات انبعاثات لثنائي أوكسيد الكربون أقل بألف طن من انبعاثات الدارة الانضغاطية سنوياً.

[19] تمّ في هذه الدراسة إجراء تحليل اكسيرجي للدارة ثنائية المرحلة مع ضاغط بين المرحلتين تستخدم محلول (بروميد الليثيوم – ماء) كمحلول عامل وبدرجة حرارة مبخر 5 °C وتستخدم مجمعات شمسية مسطحة. وقد أظهرت النتائج تزايد انتروبي الدارة مع تزايد درجة حرارة المبخر حتى تصل 45 °C حيث يأخذ الاكسيرجي قيمة 1.35 kJ/kg.K. كما وأظهرت النتائج أن الانتروبي المولّد والاكسيرجي المستهلك للدارة المبردة بالهواء أعلى منه للدارة المبردة بالماء حيث إنه عند درجة حرارة ماصّ مساوية لـ 50 °C تولّد الدارة المبردة بالهواء 14 % انتروبي أكبر من الانتروبي المولّد بالدارة المبردة بالماء وتستهلك 14 % اكسيرجي أكبر. كما وتمّ دراسة العلاقة بين معامل الأداء للدارة ودرجة حرارة المولّدات عند درجات حرارة مختلفة للمكثّف.

[20] تتناول هذه الدراسة ظاهرة التبلور الشائعة في دارة التبريد الامتصاصية الثنائية المرحلة وذلك للدارة التسلسلية والعكسية وذات الجريانات المتوازية ؛ إذ تمّ عمل نماذج برمجية عند شروط عمل محددة وهي

t_{ab}=37 °C	t_{con}=37 °C
t_{ev}=4 °C	t_{gh}=128 °C
ζ_{HE}=70 %	ζ_{pump}=95 %

وقد بيّنت الدراسة ازدياد احتمال حدوث التبلور في جميع تصاميم الدارة الثنائية مع ازدياد درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المرتفع وكذلك درجة حرارة المبخر، ومع ازدياد مردود المبادل الحراري ذي

الضغط المنخفض أيضاً. بينما لوحظ تناقص احتمال حدوث التبلور مع تناقص درجة حرارة الماصّ والمساوية لدرجة حرارة المكثّف.

[21] يتناول هذا البحث من كتاب ASHRAE 2005 ، الذي يختص بالمبادئ الأساس لتكنلوجيا التدفئة والتهوية وتكييف الهواء والتبريد، بالدراسة الترموديناميكية لدارات التبريد، حيث يغطي القسم الأول منه المبدأ الأول والثاني في الترموديناميك ويبيّن كيفية حساب البارامترات الأساس للدارة الترموديناميكية بينما يوضّح القسم الثالث والرابع دارات التبريد الانضغاطية والامتصاصية المختلفة.

[22] تمّ في هذا البحث إجراء دراسة لجملة مؤلفة من عنفة غازية صغيرة تولّد الطاقة الكهربائية والحرارية اللازمة لعمل دارة تبريد امتصاصية ثنائية المرحلة تسلسلية. وقد تمّ إجراء تحليل ترموديناميكي لدارة التبريد وعمل نموذج رياضي لها باستخدام برنامج MATLAB وذلك عند شروط العمل المحددة الموضّحة فيما يأتي:

t_{ab}=37.8 °C	t_{con}=37.8 °C
t_{ev}=7.2 °C	t_{gh}= 140.6 °C
ζ_{HE}=70 %	التدفق الكتلي للبخار =1 kg/s

وكان معامل الأداء عند هذه النتائج COP=1.268. ومن ثم تمّ تغيير شروط العمل ودراسة سلوك الدارة عند ظروف عمل مختلفة.

الفصل الثالث

التحليل الترموديناميكي للتصاميم المختلفة لدارة التبريد الثنائية الامتصاصية

3-1- مقدّمة

يتمّ في هذه الدراسة إجراء تحليل ترموديناميكي للتصاميم المختلفة معتمدين مبدأ مصونية الطاقة والكتلة وذلك لكلّ مكوّن من مكوّنات الدارة. وهذا ما سيمكن في النهاية من الوصول إلى نماذج برمجية باستخدام برنامج EES للتصاميم المختلفة التي ستعطي صورةٍ واضحةٍ عن أداء الدارات المختلفة عند مختلف شروط العمل وإمكانية مقارنتها.

3-2- الفرضيات المستخدمة في الدراسة

لإجراء الدراسة كان لابدّ من إجراء مجموعة من الفرضيات [13] :

- عدم وجود الضياعات الحرارية.
- عدم وجود ضياعات ضغط في الأنابيب والمكوّنات المختلفة.
- يغادر وسيط التبريد المكثّف بحالة سائلٍ مشبع.
- يغادر وسيط التبريد المبخر بحالة بخار جاف مشبع.
- عملية التمدد لكلٍّ من المحلول ووسيط التبريد في صمامات التمدد تتمّ بثبات الإنتالبي.
- يهمل العمل اللازم لتشغيل المضخات.

3-3- مبدآ مصونية الكتلة والطاقة

مصونية الكتلة

ينصّ هذا المبدأ على ثبات الكتلة الكلية للمزيج وثبات كتلة كلّ مكوّن من مكوّناته [20,21] والمعادلات المعبّرة عن هذا المبدأ:

$$\sum \dot{m}_i - \sum \dot{m}_o = 0 \qquad (1-3)$$

$$\sum \dot{m}_i \times X_{libri} - \sum \dot{m}_o \times X_{libro} = 0 \qquad (2-3)$$

حيث إنّ :

$\dot{m}_i$، $\dot{m}_o$ التدفق الكتلي الداخل والتدفق الكتلي الخارج على الترتيب لكلّ مكوّن من مكوّنات الدارة .

X_{libri}، X_{libro} النسبة الكتلية المئوية لبروميد الليثيوم في المحلول الداخل و في المحلول الخارج على الترتيب لكلّ مكوّن من مكوّنات الدارة .

مصونية الطاقة

يمكن التعبير عن هذا المبدأ بالعلاقة الآتية وذلك لكلّ مكوّن من مكوّنات الدارة [20,21]

$$\left(\sum \dot{m}_i \times h_i - \sum \dot{m}_o \times h_o\right) + \left(\sum \dot{Q}_i - \sum \dot{Q}_o\right) + \dot{W} = 0 \qquad (3-3)$$

حيث إنّ :

h_i ، h_o إنتالبي الدخول وإنتالبي الخروج على الترتيب لكلّ مكوّن من مكوّنات الدارة .

$\dot{Q}$ التدفق الحراري المتبادل مع الوسط الخارجي .

$\dot{W}$ الاستطاعة الميكانيكية المقدّمة أو الناتجة .

يعطى معامل التدوير f بأنه النسبة بين تدفق المحلول الغني و المار عبر المضخة الأولى إلى تدفق وسيط التبريد المار عبر المبخر.

3-4- التحليل الترموديناميكي للتصاميم المختلفة لدارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة

للحصول على نماذج برمجية للتصاميم السابقة لابد من إجراء تحليل ترموديناميكي لتصاميم دارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة وذلك بتطبيق معادلتي موازنة الكتلة والطاقة على كلّ مكوّن من مكوّنات الدارة.

دارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة التسلسلية

وهي الدارة الموضّحة بالشكل (2-1) وفيما يأتي معادلات موازنة الطاقة للمكوّنات المختلفة للدارة [11,22].

المكثّف :

$$\dot{Q}_{con} = \dot{m}_{19} \times h_{19} + \dot{m}_7 \times h_7 - \dot{m}_8 \times h_8 \qquad (4-3)$$

المبخر :

$$\dot{Q}_{ev} = \dot{m}_{10} \times h_{10} - \dot{m}_9 \times h_9 \qquad (5-3)$$

الماصّ :

$$\dot{Q}_{ab} = \dot{m}_{10} \times h_{10} + \dot{m}_6 \times h_6 - \dot{m}_1 \times h_1 \qquad (6-3)$$

مولّد البخار ذو الضغط المرتفع :

$$\dot{Q}_{hg} = \dot{m}_{14} \times h_{14} + \dot{m}_{17} \times h_{17} - \dot{m}_{13} \times h_{13} \qquad (7-3)$$

مولّد البخار ذو الضغط المنخفض :

$$\dot{m}_{16} \times h_{16} + \dot{m}_{17} \times h_{17} - \dot{m}_{18} \times h_{18} - \dot{m}_7 \times h_7 - \dot{m}_4 \times h_4 = 0 \qquad (8-3)$$

المبادل الحراري ذو الضغط المنخفض :

$$\dot{m}_2 \times h_2 + \dot{m}_4 \times h_4 - \dot{m}_3 \times h_3 - \dot{m}_5 \times h_5 = 0 \qquad (9-3)$$

المبادل الحراري ذو الضغط المرتفع :

$$\dot{m}_3 \times h_3 + \dot{m}_{14} \times h_{14} - \dot{m}_{13} \times h_{13} - \dot{m}_{15} \times h_{15} = 0 \qquad (10-3)$$

ويتمّ اتباع الأسلوب نفسه بالنسبة لموازنة الكتلة، وفيما يأتي معادلات موازنة كتلة المحلول لكلّ مكوّن من مكوّنات الدارة .

المكثّف :

$$\dot{m}_{19} + \dot{m}_7 - \dot{m}_8 = 0 \qquad (11-3)$$

المبخر :

$$\dot{m}_9 - \dot{m}_{10} = 0 \qquad (12-3)$$

الماصّ :

$$\dot{m}_{10} + \dot{m}_6 - \dot{m}_1 = 0 \qquad (13-3)$$

مولّد البخار ذو الضغط المرتفع :

$$\dot{m}_{13} - \dot{m}_{17} - \dot{m}_{14} = 0 \qquad (14-3)$$

مولّد البخار ذو الضغط المنخفض :

$$\dot{m}_{16} + \dot{m}_{17} - \dot{m}_{18} - \dot{m}_7 - \dot{m}_4 = 0 \qquad (15-3)$$

المبادل الحراري ذو الضغط المنخفض :

$$\dot{m}_2 + \dot{m}_4 - \dot{m}_3 - \dot{m}_5 = 0 \qquad (16-3)$$

المبادل الحراري ذو الضغط المرتفع :

$$\dot{m}_3 + \dot{m}_{14} - \dot{m}_{13} - \dot{m}_{15} = 0 \qquad (17-3)$$

يمكن الحصول على المعادلات الخاصة بموازنة كتلة بروميد الليثيوم عند كلّ مكوّن من مكوّنات الدارة بضرب معادلات موازنة كتلة المحلول السابقة بالنسبة الكتلية لبروميد الليثيوم في المحلول X_{libr} والخاصة بكلّ نقطة من نقاط الدارة .

مراديد المبادلات الحرارية :

$$\zeta_{HEh} = \frac{h_{13} - h_3}{h_{14} - h_3} \qquad (18-3)$$

$$\zeta_{HEl} = \frac{h_3 - h_2}{h_4 - h_2} \qquad (19-3)$$

بالنسبة للمضخة و باعتبار عملها مهمل :

$$h_1 = h_2 \qquad (20-3)$$

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 \qquad (21-3)$$

بالنسبة للصمامات وباعتبار عدم وجود تغيّر بالانتالبي قبل الصمام وبعده :

$$h_5 = h_6 \qquad (22-3)$$

$$\dot{m}_5 = \dot{m}_6 \qquad (23-3)$$

$$h_{15} = h_{16} \qquad (24-3)$$

$$\dot{m}_{15} = \dot{m}_{16} \qquad (25-3)$$

$$h_8 = h_9 \qquad (26-3)$$

$$\dot{m}_8 = \dot{m}_9 \qquad (27-3)$$

$$h_{18} = h_{19} \qquad (28-3)$$

$$\dot{m}_{18} = \dot{m}_{19} \qquad (29-3)$$

معامل أداء الدارة :

$$COP = \frac{Q_{ev}^{\cdot}}{Q_{hg}^{\cdot}+W^{\cdot}} \qquad (30-3)$$

$W^{\cdot}$: الاستطاعة المقدّمة للمضخات لكنها تهمل لصغرها.

معامل التدوير للدارة :

$$f = \frac{m_1^{\cdot}}{m_{10}^{\cdot}} \qquad (31-3)$$

دارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة العكسية

وهي الدارة الموضّحة بالشكل(1-4) وفيما يأتي معادلات موازنة الطاقة للمكوّنات المختلفة للدارة [15].

المكثّف :

$$Q_{con}^{\cdot} = m_{19}^{\cdot} \times h_{19} + m_7^{\cdot} \times h_7 - m_8^{\cdot} \times h_8 \qquad (32-3)$$

المبخر :

$$Q_{ev}^{\cdot} = m_{10}^{\cdot} \times h_{10} - m_9^{\cdot} \times h_9 \qquad (33-3)$$

الماصّ :

$$Q_{ab}^{\cdot} = m_{10}^{\cdot} \times h_{10} + m_6^{\cdot} \times h_6 - m_1^{\cdot} \times h_1 \qquad (34-3)$$

مولّد البخار ذو الضغط المرتفع :

$$Q_{hg}^{\cdot} = m_{14}^{\cdot} \times h_{14} + m_{17}^{\cdot} \times h_{17} - m_{13}^{\cdot} \times h_{13} \qquad (35-3)$$

مولّد البخار ذو الضغط المنخفض :

$$m_3^{\cdot} \times h_3 + m_{17}^{\cdot} \times h_{17} - m_{18}^{\cdot} \times h_{18} - m_7^{\cdot} \times h_7 - m_{11}^{\cdot} \times h_{11} = 0 \qquad (36-3)$$

المبادل الحراري ذو الضغط المنخفض :

$$m_2^{\cdot} \times h_2 + m_{15}^{\cdot} \times h_{15} - m_3^{\cdot} \times h_3 - m_5^{\cdot} \times h_5 = 0 \qquad (37-3)$$

المبادل الحراري ذو الضغط المرتفع :

$$m_{12}^{\cdot} \times h_{12} + m_{14}^{\cdot} \times h_{14} - m_{13}^{\cdot} \times h_{13} - m_{15}^{\cdot} \times h_{15} = 0 \qquad (38-3)$$

و فيما يأتي معادلات موازنة كتلة المحلول لكلّ مكوّن من مكوّنات الدارة :

المكثّف :

$$\dot{m}_{19} + \dot{m}_7 - \dot{m}_8 = 0 \qquad (39-3)$$

المبخر :

$$\dot{m}_9 - \dot{m}_{10} = 0 \qquad (40-3)$$

الماصّ :

$$\dot{m}_{10} + \dot{m}_6 - \dot{m}_1 = 0 \qquad (41-3)$$

مولّد البخار ذو الضغط المرتفع :

$$\dot{m}_{13} - \dot{m}_{17} - \dot{m}_{14} = 0 \qquad (42-3)$$

مولّد البخار ذو الضغط المنخفض :

$$\dot{m}_3 + \dot{m}_{17} - \dot{m}_{18} - \dot{m}_7 - \dot{m}_{11} = 0 \qquad (43-3)$$

المبادل الحراري ذو الضغط المنخفض :

$$\dot{m}_2 + \dot{m}_{15} - \dot{m}_3 - \dot{m}_5 = 0 \qquad (44-3)$$

المبادل الحراري ذو الضغط المرتفع :

$$\dot{m}_{12} + \dot{m}_{14} - \dot{m}_{13} - \dot{m}_{15} = 0 \qquad (45-3)$$

وكما ذكر سابقاً يمكن الحصول على المعادلات الخاصة بموازنة كتلة بروميد الليثيوم عند كلّ مكوّن من مكوّنات الدارة بضرب معادلات موازنة كتلة المحلول السابقة بالنسبة الكتلية لبروميد الليثيوم في المحلول X_{libr} والخاصة بكلّ نقطة من نقاط الدارة .

مراديد المبادلات الحرارية :

$$\zeta_{HEh} = \frac{h_{13} - h_{12}}{h_{14} - h_{12}} \qquad (46-3)$$

$$\zeta_{HEl} = \frac{h_3 - h_2}{h_{15} - h_2} \qquad (47-3)$$

بالنسبة للمضخة الأولى على أساس أن عملها مهمل :

$$h_1 = h_2 \qquad (48-3)$$

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 \qquad (49-3)$$

بالنسبة للمضخة الثانية على أساس أن عملها مهمل :

$$h_{11} = h_{12} \qquad (50-3)$$

$$\dot{m}_{11} = \dot{m}_{12} \qquad (51-3)$$

بالنسبة للصمامات مع عدم وجود تغيّر بالانثالبي قبل الصمام وبعده :

$$h_5 = h_6 \qquad (52-3)$$

$$\dot{m}_5 = \dot{m}_6 \qquad (53-3)$$

$$h_8 = h_9 \qquad (54-3)$$

$$\dot{m}_8 = \dot{m}_9 \qquad (55-3)$$

$$h_{18} = h_{19} \qquad (56-3)$$

$$\dot{m}_{18} = \dot{m}_{19} \qquad (57-3)$$

معامل أداء الدارة :

$$COP = \frac{\dot{Q}_{ev}}{\dot{Q}_{hg} + \dot{W}} \qquad (58-3)$$

$\dot{W}$: الاستطاعة المقدّمة للمضخات لكنها تهمل لصغرها.

معامل التدوير للدارة :

$$f = \frac{\dot{m}_1}{\dot{m}_{10}} \qquad (59-3)$$

<u>دارة التبريد الامتصاصية ذات الجريانات المتوازية</u>

وهي الدارة الموضّحة بالشكل(1-5) وفيما يأتي معادلات موازنة الطاقة للمكوّنات المختلفة للدارة [16].

المكثّف :

$$\dot{Q}_{con} = \dot{m}_{19} \times h_{19} + \dot{m}_7 \times h_7 - \dot{m}_8 \times h_8 \qquad (60-3)$$

المبخر :

$$\dot{Q}_{ev} = \dot{m}_{10} \times h_{10} - \dot{m}_9 \times h_9 \qquad (61-3)$$

الماصّ :

$$\dot{Q}_{ab} = \dot{m}_{10} \times h_{10} + \dot{m}_6 \times h_6 - \dot{m}_1 \times h_1 \qquad (62-3)$$

مولّد البخار ذو الضغط المرتفع :

$$\dot{Q}_{hg} = \dot{m}_{14} \times h_{14} + \dot{m}_{17} \times h_{17} - \dot{m}_{13} \times h_{13} \qquad (63-3)$$

مولّد البخار ذو الضغط المنخفض :

$$\dot{m}_{11} \times h_{11} + \dot{m}_{17} \times h_{17} - \dot{m}_{18} \times h_{18} - \dot{m}_7 \times h_7 - \dot{m}_{20} \times h_{20} = 0 \quad (64-3)$$

المبادل الحراري ذو الضغط المنخفض :

$$\dot{m}_2 \times h_2 + \dot{m}_4 \times h_4 - \dot{m}_3 \times h_3 - \dot{m}_5 \times h_5 = 0 \qquad (65-3)$$

المبادل الحراري ذو الضغط المرتفع :

$$\dot{m}_{12} \times h_{12} + \dot{m}_{14} \times h_{14} - \dot{m}_{13} \times h_{13} - \dot{m}_{15} \times h_{15} = 0 \quad (66-3)$$

وفيما يأتي معادلات موازنة كتلة المحلول لكلّ مكوّن من مكوّنات الدارة :

المكثّف :

$$\dot{m}_{19} + \dot{m}_7 - \dot{m}_8 = 0 \qquad (67-3)$$

المبخر :

$$\dot{m}_9 - \dot{m}_{10} = 0 \qquad (68-3)$$

الماصّ :

$$\dot{m}_{10} + \dot{m}_6 - \dot{m}_1 = 0 \qquad (69-3)$$

مولّد البخار ذو الضغط المرتفع :

$$\dot{m}_{13} - \dot{m}_{17} - \dot{m}_{14} = 0 \qquad (70-3)$$

مولّد البخار ذو الضغط المنخفض :

$$\dot{m}_{11} + \dot{m}_{17} - \dot{m}_{18} - \dot{m}_7 - \dot{m}_{20} = 0 \qquad (71-3)$$

المبادل الحراري ذو الضغط المنخفض :

$$\dot{m}_2 + \dot{m}_4 - \dot{m}_3 - \dot{m}_5 = 0 \qquad (72-3)$$

المبادل الحراري ذو الضغط المرتفع :

$$\dot{m}_{12} + \dot{m}_{14} - \dot{m}_{13} - \dot{m}_{15} = 0 \qquad (73-3)$$

يمكن الحصول على المعادلات الخاصة بموازنة كتلة بروميد الليثيوم عند كلّ مكوّن من مكوّنات الدارة بضرب معادلات موازنة كتلة المحلول السابقة بالنسبة الكتلية لبروميد الليثيوم في المحلول X_{libr} والخاصة بكلّ نقطة من نقاط الدارة .

مردود المبادلات الحرارية :

$$\zeta_{HEh} = \frac{h_{13} - h_{12}}{h_{14} - h_{12}} \qquad (74-3)$$

$$\zeta_{HEl} = \frac{h_3 - h_2}{h_4 - h_2} \qquad (75-3)$$

بالنسبة للمضخة الأولى على أساس أن عملها مهمل :

$$h_1 = h_2 \qquad (76-3)$$

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 \qquad (77-3)$$

بالنسبة للصمامات على أساس عدم وجود تغيّر بالانتالبي قبل الصمام وبعده :

$$h_5 = h_6 \qquad (78-3)$$

$$\dot{m}_5 = \dot{m}_6 \qquad (79-3)$$

$$h_8 = h_9 \qquad (80-3)$$

$$\dot{m}_8 = \dot{m}_9 \qquad (81-3)$$

$$h_{18} = h_{19} \qquad (82-3)$$

$$\dot{m}_{18} = \dot{m}_{19} \qquad (83-3)$$

$$h_{15} = h_{16} \qquad (84-3)$$

$$\dot{m}_{15} = \dot{m}_{16} \qquad (85-3)$$

وبالنسبة لنقطة التفرع :

$$h_{11} = h_{12} \qquad (86-3)$$

$$\dot{m}_{11} = m * \dot{m}_{12} \qquad (87-3)$$

معامل أداء الدارة :

$$COP = \frac{\dot{Q}_{ev}}{\dot{Q}_{hg} + \dot{W}} \qquad (88-3)$$

$\dot{W}$: الاستطاعة المقدّمة للمضخات لكنها تهمل لصغرها.

معامل التدوير للدارة :

$$f = \frac{\dot{m}_1}{\dot{m}_{10}} \qquad (89-3)$$

دارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة مع ضاغط بين المرحلتين:

وتدعى أيضاً بالدارة الهجينة فيما يأتي معادلات موازنة الطاقة للمكونات المختلفة للدارة[18].

المكثّف :

$$\dot{Q}_{con} = \dot{m}_2 \times h_2 - \dot{m}_4 \times h_4 \qquad (90-3)$$

المبخر :

$$\dot{Q}_{ev} = \dot{m}_{4''} \times h_{4''} - \dot{m}_{4'} \times h_{4'} \qquad (91-3)$$

الماصّ ذو الضغط المنخفض A2 :

$$\dot{Q}_{ab2} = \dot{m}_{8''} \times h_{8''} + \dot{m}_{4''} \times h_{4''} - \dot{m}_7 \times h_7 \qquad (92-3)$$

الماصّ ذو الضغط المنخفض A1 :

$$\dot{Q}_{ab1} = \dot{m}_{3''} \times h_{3''} + \dot{m}_6 \times h_6 - \dot{m}_1 \times h_1 \qquad (93-3)$$

مولّد البخار ذو الضغط المرتفع :

$$\dot{Q}_{hg} = \dot{m}_2 \times h_2 + \dot{m}_3 \times h_3 - \dot{m}_{1''} \times h_{1''} \qquad (94-3)$$

مولّد البخار ذو الضغط المنخفض :

$$\dot{Q}_{lg} = \dot{m}_8 \times h_8 + \dot{m}_5 \times h_5 - \dot{m}_{7''} \times h_{7''} \qquad (95-3)$$

العمل اللازم لإدارة الضاغط :

$$\dot{W}_{comp} = \dot{m}_6 \times h_6 - \dot{m}_5 \times h_5 \qquad (96-3)$$

حيث

$$\dot{m}_5 = \dot{m}_6 \qquad (97-3)$$

المبادل الحراري ذو الضغط المنخفض :

$$\dot{m}_{7'} \times h_{7'} + \dot{m}_{8} \times h_{8} - \dot{m}_{8'} \times h_{8'} - \dot{m}_{7''} \times h_{7''} = 0 \qquad (98-3)$$

المبادل الحراري ذو الضغط المرتفع :

$$\dot{m}_{1'} \times h_{1'} + \dot{m}_{3} \times h_{3} - \dot{m}_{1''} \times h_{1''} - \dot{m}_{3'} \times h_{3'} = 0 \qquad (99-3)$$

فيما يأتي معادلات موازنة كتلة المحلول لكلّ مكوّن من مكوّنات الدارة .

المكثّف :

$$\dot{m}_{2} - \dot{m}_{4} = 0 \qquad (100-3)$$

المبخر :

$$\dot{m}_{4'} - \dot{m}_{4''} = 0 \qquad (101-3)$$

ماصّ الضغط المنخفض A2 :

$$\dot{m}_{4''} + \dot{m}_{8''} - \dot{m}_{7} = 0 \qquad (102-3)$$

ماصّ الضغط المرتفع A1 :

$$\dot{m}_{3''} + \dot{m}_{6} - \dot{m}_{1} = 0 \qquad (103-3)$$

مولّد البخار ذو الضغط المرتفع :

$$\dot{m}_{1''} - \dot{m}_{3} - \dot{m}_{2} = 0 \qquad (104-3)$$

مولّد البخار ذو الضغط المنخفض :

$$\dot{m}_{7''} - \dot{m}_{8} - \dot{m}_{5} = 0 \qquad (105-3)$$

المبادل الحراري ذو الضغط المنخفض :

$$\dot{m}_{7'} + \dot{m}_{8} - \dot{m}_{8'} - \dot{m}_{7''} = 0 \qquad (106-3)$$

المبادل الحراري ذو الضغط المرتفع :

$$\dot{m}_{1'} + \dot{m}_{3} - \dot{m}_{1''} - \dot{m}_{3'} = 0 \qquad (107-3)$$

يمكن الحصول على المعادلات الخاصة بموازنة كتلة بروميد الليثيوم عند كلّ مكوّن من مكوّنات الدارة بضرب معادلات موازنة كتلة المحلول السابقة بالنسبة الكتلية لبروميد الليثيوم في المحلول X_{libr} والخاصة بكلّ نقطة من نقاط الدارة .

مراديد المبادلات الحرارية :

$$\zeta_{HE1} = \frac{h_{1''} - h_{1'}}{h_3 - h_{1'}} \qquad (108-3)$$

$$\zeta_{HE2} = \frac{h_{7''} - h_{7'}}{h_8 - h_{7'}} \qquad (109-3)$$

بالنسبة للمضخات على أساس أن عملها مهمل :

$$h_7 = h_{7'} \qquad (110-3)$$

$$\dot{m}_7 = \dot{m}_{7'} \qquad (111-3)$$

$$h_1 = h_{1'} \qquad (112-3)$$

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_{1'} \qquad (113-3)$$

بالنسبة للصمامات على أساس عدم وجود تغيّر بالانتالبي قبل الصمام وبعده :

$$h_4 = h_{4'} \qquad (114-3)$$

$$\dot{m}_4 = \dot{m}_{4'} \qquad (115-3)$$

$$h_{8'} = h_{8''} \qquad (116-3)$$

$$\dot{m}_{8'} = \dot{m}_{8''} \qquad (117-3)$$

$$h_{3'} = h_{3''} \qquad (118-3)$$

$$\dot{m}_{3'} = \dot{m}_{3''} \qquad (119-3)$$

معامل أداء الدارة :

$$COP = \frac{\dot{Q}_{ev}}{\dot{Q}_{hg} + \dot{W}} \qquad (120-3)$$

$\dot{W}$: الاستطاعة المقدّمة للمضخات ولضاغط البخار وهي مساوية للاستطاعة المقدّمة للضاغط فقط.

معامل التدوير للدارة :

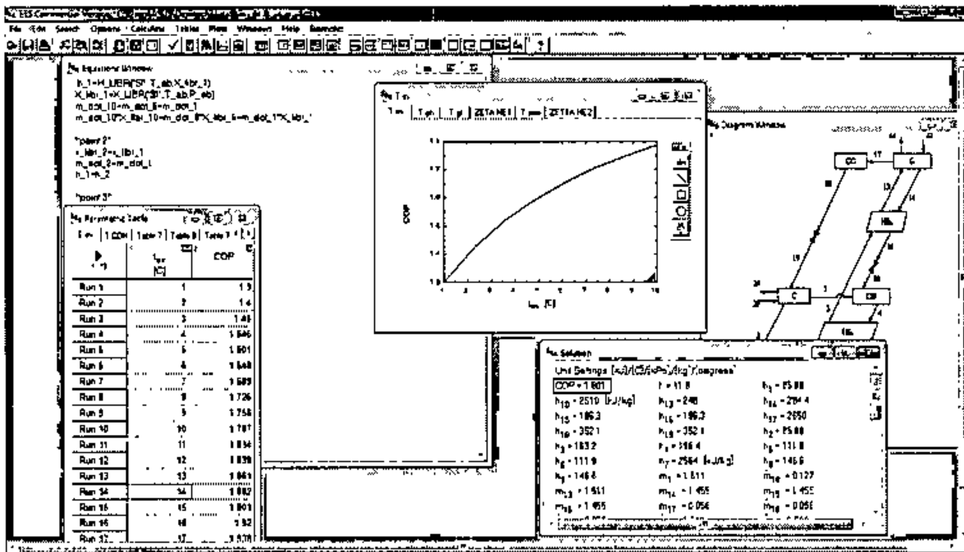
$$f = \frac{\dot{m}_1}{\dot{m}_{10}} \qquad (121-3)$$

الفصل الرابع

النمذجة الحاسوبية للدّارة

4-1- مقدّمة :

تمّ في هذه الدراسة استخدام برنامج EES للعمل وذلك بإدخال شروط عمل موحدة للتصاميم من درجة حرارة مولّد ومبخر وماصّ ومكثّف ومردود مبادلات حرارية واستطاعة التبريد. وتمّ إدخال معادلات موازنة الكتلة والطاقة للبرنامج الذي يملك قاعدة بيانات واسعة ومجموعة من محاليل ووسائط التبريد ومن أحدها محلول (بروميد الليثيوم– ماء) الذي تمّ اختياره كمحلول عامل في هذه الدراسة. ويمكن للبرنامج وباستخدام قاعدة بياناته من تحديد جميع بارامترات أي نقطة من نقاط الدارة بإدخال بارامترين فقط من بارامتراتها ويوضّح الشكل(4-1) صورة عن البرنامج.

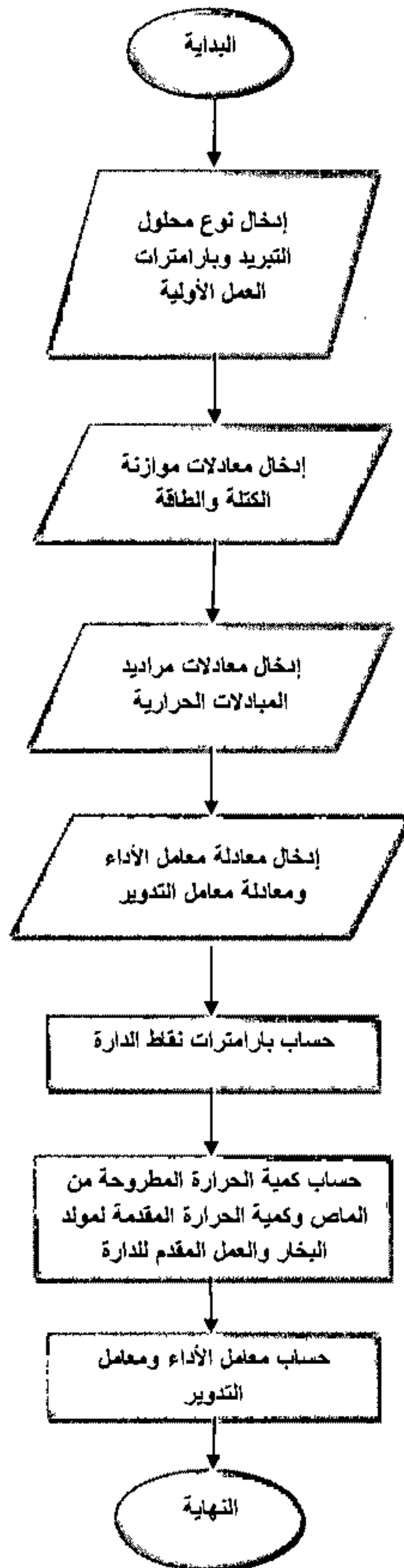


الشكل (4-1): صورة لبرنامج EES

يظهر بالشكل أعلاه وجود خمسة نوافذ ضمن إطار البرنامج هي نافذة المعادلات حيث نقوم بالإدخال ونافذة الجداول ونافذة الحل والمخططات البيانية ومخطط الدارة.

4-2- النمذجة الحاسوبية للدارة الإمتصاصية الثنائية

يوضّح الشكل الآتي مخططاً تدفقياً يعبّر بشكلٍ عام عن طريقة إجراء النماذج الحاسوبية لكلّ تصميم من التصاميم الأربعة.


البداية
إدخال نوع محلول التبريد وبارامترات العمل الأولية
إدخال معادلات موازنة الكتلة والطاقة
إدخال معادلات مراديد المبادلات الحرارية
إدخال معادلة معامل الأداء ومعادلة معامل التدوير
حساب بارامترات نقاط الدارة
حساب كمية الحرارة المطروحة من الماص وكمية الحرارة المقدمة لمولد البخار والعمل المقدم للدارة
حساب معامل الأداء ومعامل التدوير
النهاية

لقد تمّ في هذه الدراسة ـ كما ذكرنا سابقاً ـ استخدام محلول (بروميد الليثيوم- ماء) كمحلول عامل في الدارة حيث يشكل بروميد الليثيوم المادة الماصّة والماء وسيط التبريد. أما بالنسبة لبارامترات العمل الأولية الموضّحة لاحقاً فهي درجة حرارة المبخر، درجة حرارة الماصّ المساوية لدرجة حرارة المكثّف، درجة حرارة مولّد البخار ذو الضغط المرتفع، درجة حرارة مولّد البخار ذو الضغط المنخفض، مردود المبادلات الحرارية و استطاعة التبريد. ومن الجدير ذكره أن لدارة التبريد الامتصاصية الثنائية المرحلة ذات الجريانات المتوازية يوجد بارامتر إضافي وهو نسبة التوزع الكتلي عند نقطة التفرع m والموضّح بالمعادلة (3-87) وتعطى هذه النسبة قيمة أولية مساوية للواحد. أيضاً وفي التصميم الرابع تكون درجة حرارة مولّد البخار ذو الضغط المرتفع مساويةً لدرجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المنخفض، وكذلك درجة حرارة الماصّ الأول مساوية لدرجة حرارة الماصّ الثاني. وكذلك وبالنسبة للتصميم الرابع يجب تقديم كمية من الحرارة لكلا المولدين على عكس بقية التصاميم التي تحتاج لتقديم كمية حرارة فقط لمولّد البخار ذي الضغط المرتفع، وبما أن التصميم الرابع يحتوي على ضاغط فيجب حساب العمل اللازم لإدارة ذلك الضاغط بينما يكون العمل المصروف على بقية الدارات صغير جداً فيتمّ إهماله.

الفصل الخامس

النتائج والمناقشة

5-1- مقدّمة

للحصول على النتائج لابدّ من إجراء عملية نمذجة حاسوبية باستخدام برنامج EES وذلك بالاعتماد على معادلات موازنة الكتلة والطاقة للدارات السابقة والموضّحة بالفصل الرابع. ولمقارنة التصاميم المختلفة لدارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة لابدّ من اختيار ظروف عمل متشابهة لجميع الدارات إن أمكن ذلك، ومن ثم البدء بعملية النمذجة للحصول على نماذج برمجية تمكّن من إجراء الحسابات اللازمة للدارات المختلفة من معامل الأداء وكميات الحرارة المتبادلة وبارامترات النقاط المختلفة وغيرها، وبتغيير هذه الشروط تمّ الحصول على صورة واضحة عن أداء الدارة؛ لذا فإنّ ذلك يمكّننا من مقارنة التصاميم المختلفة ضمن مجالٍ واسعٍ لشروط العمل [13]. وفيما يأتي عرضٌ لبعض تصاميم بارامترات العمل الموحدة للدارات الثلاث الأولى :

جدول (5-1) بارامترات العمل الموحدة للتصاميم الثلاثة الأولى

استطاعة التبريد Q_{ev}	300 kW
درجة حرارة المبخر t_{ev}	5 °C
درجة حرارة الماص t_{ab}	35 °C
درجة حرارة المكثف t_{con}	35 °C
درجة حرارة مولد البخار ذو الضغط المنخفض t_{gl}	80 °C
درجة حرارة مولد البخار ذو الضغط المرتفع t_{gh}	130 °C
مراديد المبادلات الحرارية ζ_{HEl} ، ζ_{HEh}	70 %

من الطبيعي أخذ شروط عمل موحدة لجميع الدارات بغية مقارنة أدائها وذلك ما سنقوم به لاحقاً، ولكن لا تسمح مكوّنات عمل التصميم الرابع وطبيعته بتطبيق الشروط نفسها لهذا التصميم، لذلك سيتمّ أخذ شروط عمل مستقلة للتصميم الرابع وسيتمّ ذلك عن طريق برنامج EES بتغيير شروط العمل ضمن مجالات محددة تتقاطع قدر الإمكان مع مجالات عمل التصاميم الأخرى. وفيما يأتي عرض لبارامترات العمل للتصميم الرابع [19].

جدول (5-2) بارامترات عمل الدارة الثنائية مع ضاغط بين المرحلتين

استطاعة التبريد Q_{ev}	300 kW
درجة حرارة المبخر t_{ev}	5 °C
درجة حرارة الماص الأول والثاني t_{ab}	50 °C
درجة حرارة المكثف t_{con}	50 °C
درجة حرارة مولدات البخار $t_{gh}=t_{gl}$	90 °C
مراديد المبادلات الحرارية ζ_{HEh} ، ζ_{HEl}	70 %

لإجراء الدراسة كان لابدّ من إجراء الفرضيات المذكورة سابقاً في الفقرة (3-3).

وقبل البدء بعملية الدراسة والبرمجة للتصاميم كافةً كان لا بدّ من التحقق من دقة النتائج وموثوقيتها.

5-2- التحقق من صحة النتائج

للتحقق من صحة النتائج ستتمّ مقارنة النتيجة التي تمّ الحصول عليها من البرنامج لإحدى الدارات مع مثيلتها من إحدى المقالات العالمية الموثوقة وذلك عند شروط عمل موحدة وقد تمّ اختيار إحدى هذه المقالات [12] والدراسة كانت عند شروط أولية هي :

t_{ab}=32 °C $\quad$ t_{con}=32.2 °C

t_{ev}=7 °C $\quad$ t_{gh}=109.8 °C

ζ_{HEh}=89.4 % $\quad$ η_{HEl}=73.7 %

t_{gl}=70.6 °C

والدارة هي دارة التبريد الامتصاصية الثنائية المرحلة التسلسلية ويرمز لمعامل الأداء في المقالة المرجعية بـ COP_{ref}

وتمّ الوصول إلى ما يأتي:

Error ratio	COP_{ref}	COP
%10	1.655	1.855

وتعدّ نسبة خطأ مقبولة

سيتمّ الآن عرض النتائج الخاصة بكلّ دارة من الدارات المذكورة سابقاً :

5-3 دارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة التسلسلية

يبين الجدول (5-3) النتائج الخاصة بدارة التبريد الامتصاصية الثنائية التسلسلية المبينة بالشكل (1-2)

جدول (5-3) بارامترات نقاط العمل لدارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة التسلسلية

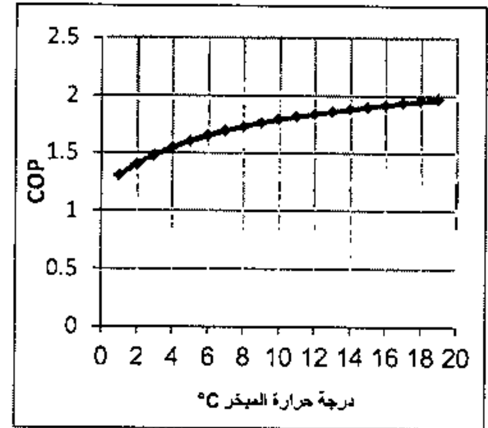
State Point	T°C	P kPa	X_{libr} %	$\dot{m}$ kg/s	h kJ/kg
1	35	0.8726	55.7	1.511	85.88
2	35	0.8726	55.7	1.511	85.88
3			55.7	1.511	163.2
4	80	5.627	60.81	1.384	196.4
5			60.81	1. 384	111.9
6		0.8726	60.81	1. 384	111.9
7		5.627	0	0.07095	2564
8	35	5.627	0	0.127	146.6
9		0.8726	0	0.127	146.6
10	5	0.8726	0	0.127	2510
13		55.82	55.7	1.511	248
14	130	55.82	57.84	1.455	284.4
15			57.84	1.455	196.3
16		5.627	57.84	1.455	196.3
17		55.82	0	0.056	2650
18	84.08	55.82	0	0.056	352.1
19		5.627	0	0.056	352.1

يلاحظ وجود بعض الحقول الفارغة في الجدول وذلك لعدم إمكانية حسابها بدقة باستخدام برنامج EES وذلك وفقاً لقاعدة بيانات البرنامج وكذلك كونها ليست قيماً أساس وضرورية للدراسة.

يمثل الجدول (5-3) النتائج عند شروط العمل المحددة بالجدول (5-1) وقد أعطت الدارة معامل أداء عند هذه الشروط COP=1.601 وكمية الحرارة المقدّمة للدارة $\dot{Q}_{gh}$ =187.4kW وكمية الحرارة المطروحة من الماصّ إلى الوسط الخارجي $\dot{Q}_{ab}$=343.8 kW ومعامل تدوير f=11.9 واستطاعة التبريد $\dot{Q}_{ev}$ = 300 kW .

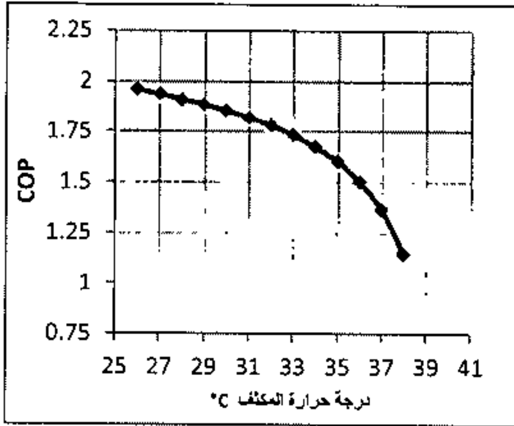
وبتغيير شروط العمل السابقة ضمن مجال معيّن ودراسة تغيّر معامل الأداء وكميات الحرارة المتبادلة نستطيع الحصول على صورة واضحة عن سلوك الدارة ضمن المجال المذكور سابقاً، وقد تمّ إنجاز ذلك باستخدام برنامج EES أيضاً وفيما يأتي النتائج التي حصلنا عليها بهذه الطريقة.

يظهر الشكل(5-1) تغير معامل الأداء بتغير درجة حرارة المبخر وأظهرت النتائج تزايد معامل الأداء للدارة بتزايد درجة حرارة المبخر وهذا منطقي كون درجة الحرارة المذكورة تمثل درجة حرارة الوسط المراد تبريده (بعد التبريد). كما يظهر الشكل(5-2) تغير معامل الأداء بتغير درجة حرارة المكثف وأظهرت النتائج تناقص معامل الأداء للدارة بتزايد درجة حرارة المكثف ويظهر الشكل (5-3) تغير معامل الأداء بتغير درجة حرارة مولد البخار ذي الضغط المرتفع وأظهرت النتائج تناقص معامل الأداء للدارة بتزايد درجة حرارة مولد البخار ذي الضغط المرتفع. يظهر الشكل (5-4) تغير معامل الأداء بتغير درجة حرارة مولد البخار ذي الضغط المنخفض وأظهرت النتائج تزايد معامل الأداء للدارة بتزايد درجة حرارة مولد البخار ذي الضغط المنخفض.



الشكل (5-1) العلاقة بين درجة حرارة المبخر ومعامل أداء الدارة التسلسلية

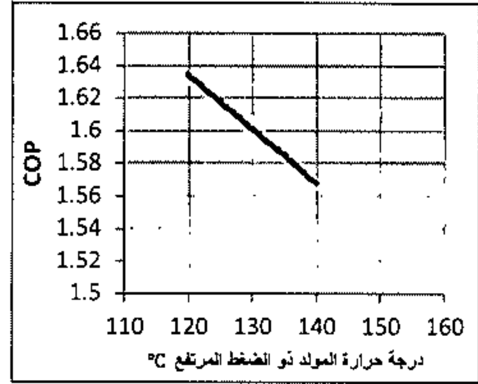
$(t_{con} = t_{ab} = 35°C;\ t_{gl} = 80°C;\ t_{gh} = 130°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7;\ Q_{ev} = 300\ kW)$



الشكل (5-2) :العلاقة بين درجة حرارة المكثف ومعامل أداء الدارة التسلسلية

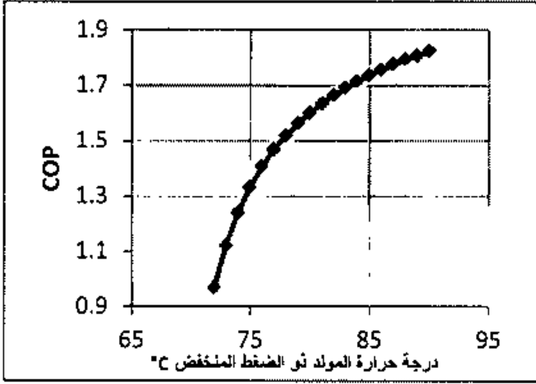
$(t_{ab} = t_{con};\ t_{gl} = 80°C;\ t_{gh} = 130°C;\ t_{ev} = 5°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7;\ Q_{ev} = 300\ kW)$

يظهر الشكل (5-5) تغير معامل الأداء بتغير مردود المبادل الحراري ذي الضغط المنخفض ويلاحظ تزايد معامل الأداء للدارة بتزايد مردود المبادل الحراري ذي الضغط المنخفض كما يظهر الشكل(5-6) تغير معامل الأداء بتغير مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع ويلاحظ تزايد معامل الأداء للدارة بتزايد مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع .



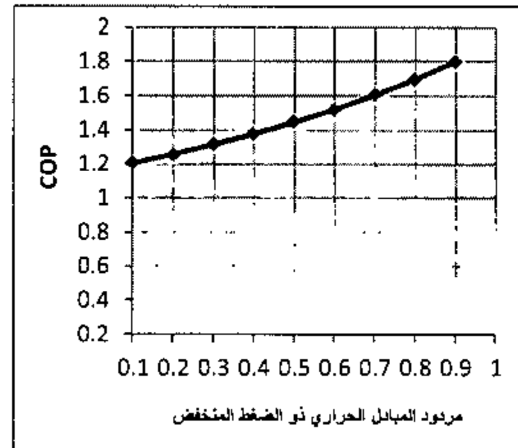
الشكل (5-3) العلاقة بين درجة حرارة المولّد ذي الضغط المرتفع و معامل الأداء للدارة التسلسلية

($t_{ab} = t_{con} = 35°C;\ t_{gl} = 80°C;\ t_{ev} = 5°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7; Q_{ev} = 300\ kW$)



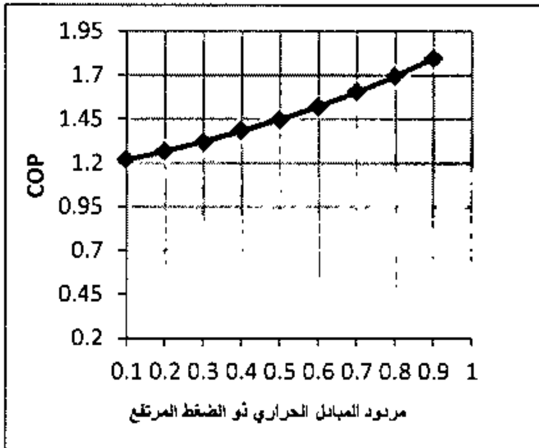
الشكل (5-4) العلاقة بين درجة حرارة المولّد ذي الضغط المنخفض و معامل الأداء للدارة التسلسلية

($t_{ab} = t_{con} = 35°C;\ t_{gh} = 130°C;\ t_{ev} = 5°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7; Q_{ev} = 300\ kW$)



الشكل (5-5) العلاقة بين مردود المبادل الحراري ذي الضغط المنخفض و معامل الأداء للدارة التسلسلية

($t_{ab} = t_{con} = 35°C;\ t_{gh} = 130°C;\ t_{ev} = 5°C;\ \zeta_{HEh} = 0.7; t_{gl} = 80°C; Q_{ev} = 300\ kW$)



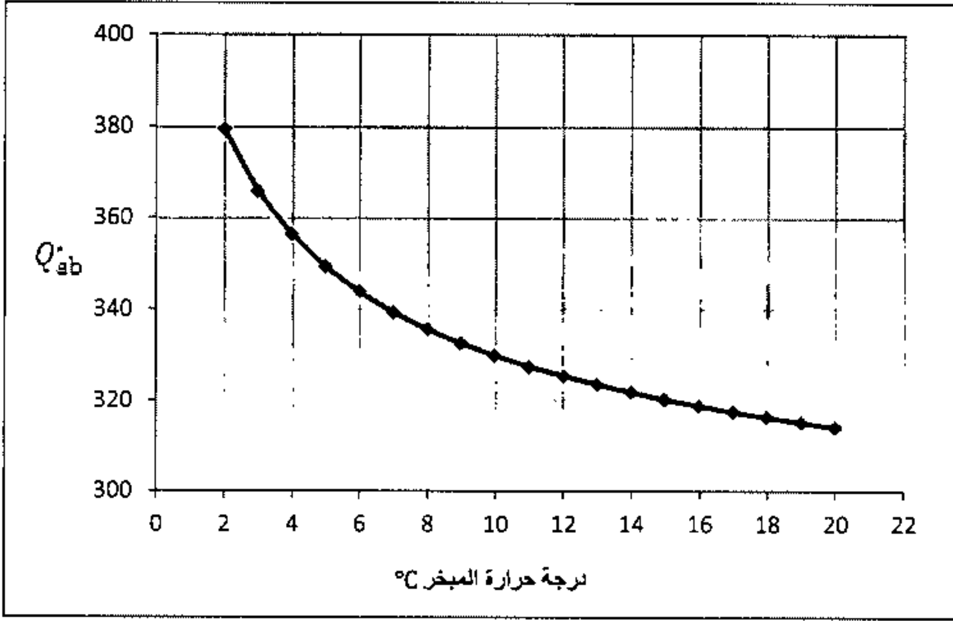
الشكل (5-6) العلاقة بين مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع و معامل الأداء للدارة التسلسلية

($t_{ab} = t_{con} = 35°C;\ t_{gh} = 130°C;\ t_{ev} = 5°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7; t_{gl} = 80°C; Q_{ev} = 300\ kW$)

كما تمّت دراسة تأثير هذه البارامترات على كمية الحرارة المطروحة من الماصّ إلى الوسط الخارجي وفيما يأتي النتائج التي تمّ الحصول عليها في هذه الدراسة وذلك بالنسبة لدارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة التسلسلية .

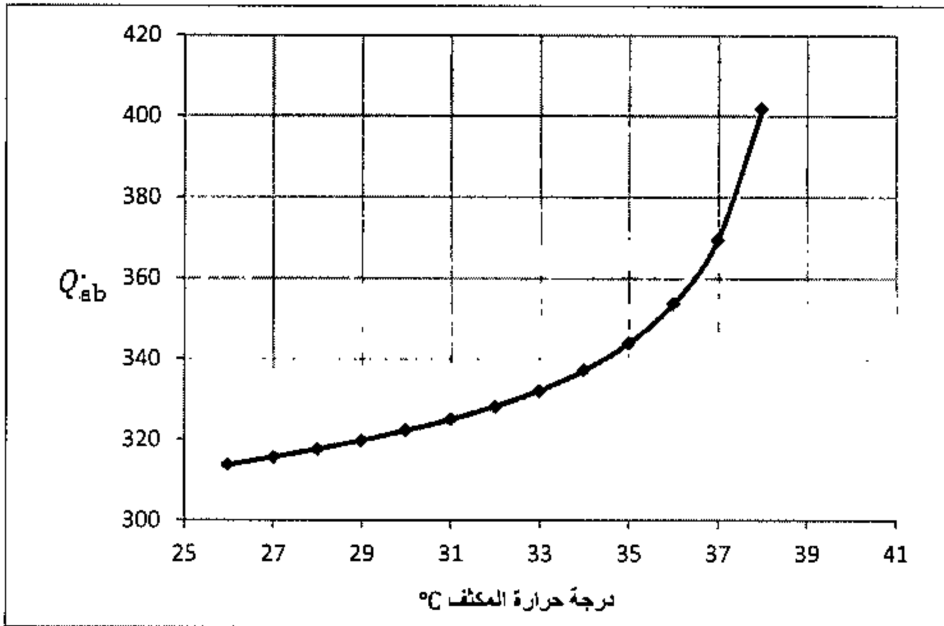
يظهر الشكل(5-7) العلاقة بين درجة حرارة المبخر وكمية الحرارة المطروحة من الماص إلى الوسط الخارجي ويلاحظ تناقص كمية الحرارة المطروحة مع تزايد درجة حرارة المبخر.

كما ويظهر الشكل(5-8) العلاقة بين درجة حرارة المكثف وكمية الحرارة المطروحة من الماص ويلاحظ تزايد كمية الحرارة المطروحة مع تزايد درجة حرارة المكثف والمساوية لدرجة حرارة الماصّ .



الشكل (5-7): العلاقة بين درجة حرارة المبخر وكمية الحرارة المطروحة في الماصّ للدارة التسلسلية

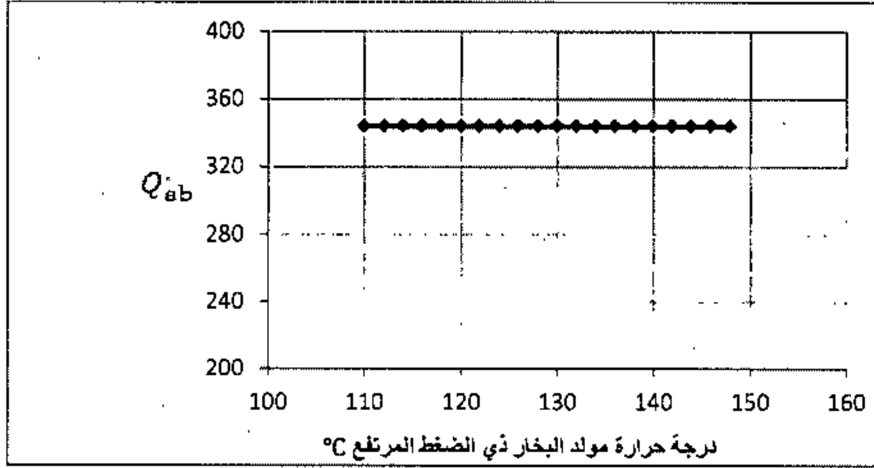
$(\dot{Q}_{ev} = 300\ kW; t_{con} = t_{ab} = 35°C;\ t_{gl} = 80°C;\ t_{gh} = 130°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7)$



الشكل(5-8):العلاقة بين درجة حرارة المكثّف وكمية الحرارة المطروحة في الماص للدارة التسلسلية

$(t_{ab} = t_{con};\ t_{gl} = 80°C; t_{gh} = 130°C;\ t_{ev} = 5°C; \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7; \dot{Q}_{ev} = 300\ kW)$

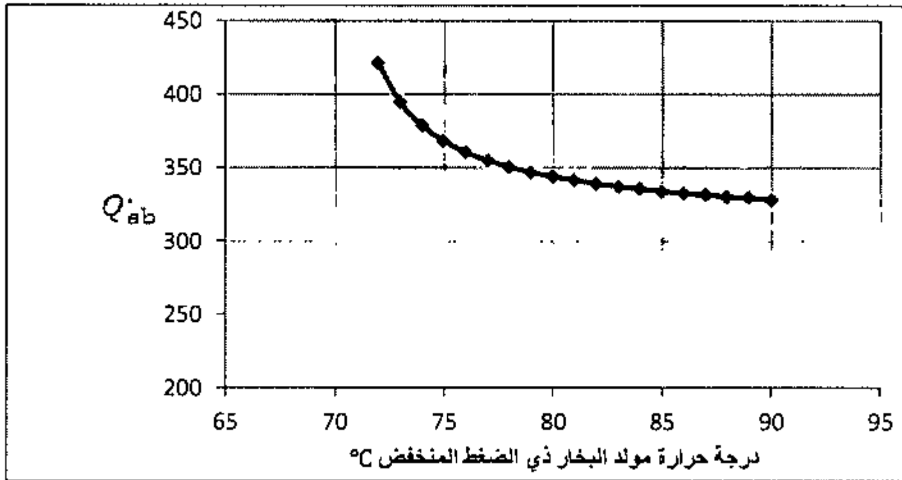
يظهر الشكل(5-9) العلاقة بين كمية الحرارة المطروحة من الماصّ ودرجة حرارة مولد البخار ذي الضغط المرتفع وتظهر النتائج ثبات كمية الحرارة المطروحة من الماصّ مع تغير درجة حرارة مولد البخار ذي الضغط المرتفع وذلك بالنسبة لدارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة التسلسلية .



الشكل(5-9) العلاقة بين درجة حرارة المولّد ذي الضغط المرتفع و كمية الحرارة المطروحة من الماصّ للدارة التسلسلية وثبات درجة حرارة المبخر

$(Q_{ev}^{\cdot} = 300\ \mathbf{kW}; t_{ab} = t_{con} = 35°C;\ t_{gl} = 80°C;\ t_{ev} = 5°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7)$

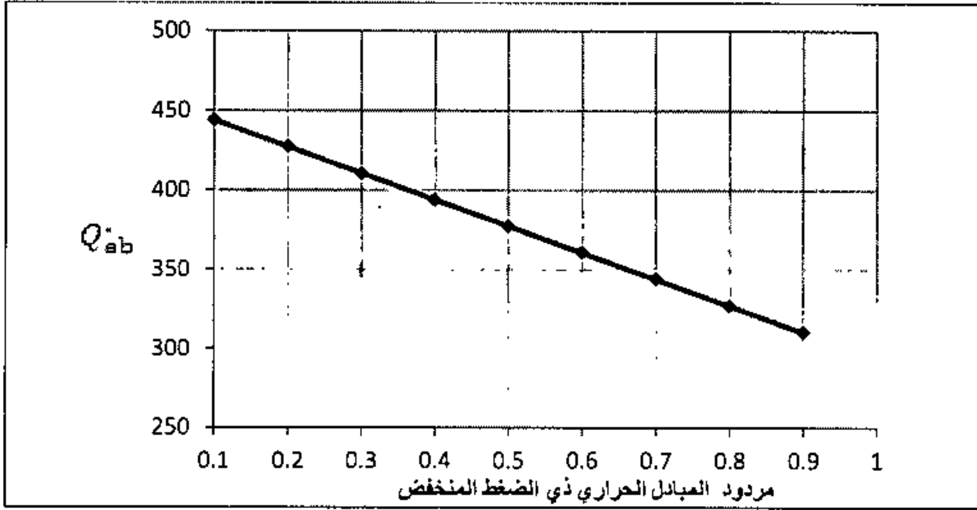
يظهر الشكل(5-10) العلاقة بين كمية الحرارة المطروحة من الماصّ ودرجة حرارة مولد البخار ذي الضغط المنخفض وتظهر النتائج تناقص كمية الحرارة المطروحة من الماصّ مع تزايد درجة حرارة مولد البخار ذي الضغط المنخفض وثبات درجة حرارة المبخر.



الشكل (5-10) العلاقة بين درجة حرارة المولد ذي الضغط المنخفض وكمية الحرارة المطروحة في الماصّ للدارة التسلسلية وثبات درجة حرارة المبخر

$(Q_{ev} = 300\ \mathbf{kW}; t_{ab} = t_{con} = 35°C;\ t_{gh} = 130°C;\ t_{ev} = 5°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7)$

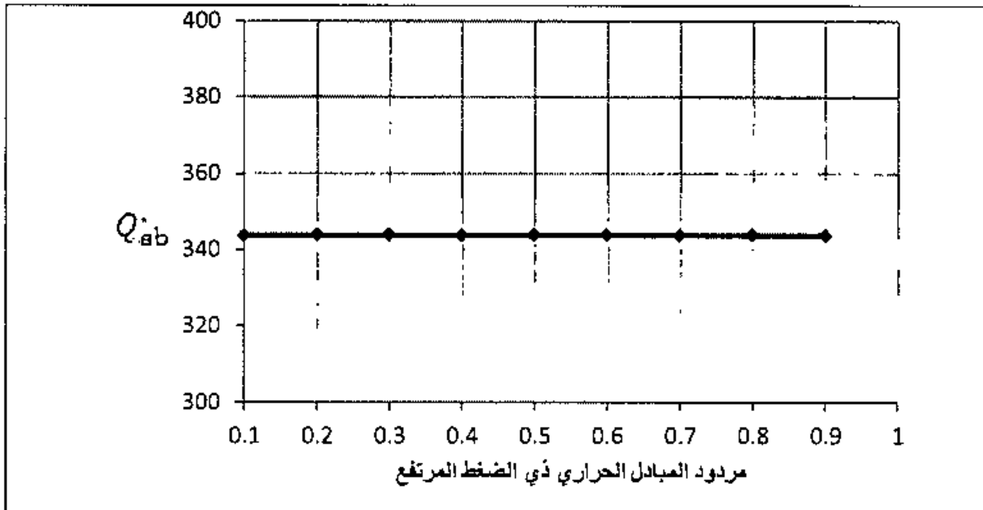
يظهر الشكل(5-11) العلاقة بين كمية الحرارة المطروحة من الماصّ ومردود المبادل الحراري ذي الضغط المنخفض ويلاحظ تناقص كمية الحرارة المطروحة من الماص إلى الوسط الخارجي بازدياد مردود المبادل الحراري ذي الضغط المنخفض.



الشكل (5-11) العلاقة بين مردود المبادل الحراري ذي الضغط المنخفض و معامل الأداء للدارة التسلسلية

$(Q_{ev}^{\cdot} = 300\ \mathrm{kW};\ t_{ab} = t_{con} = 35°\mathrm{C};\ t_{gh} = 130°\mathrm{C};\ t_{ev} = 5°\mathrm{C};\ \zeta_{HEh} = 0.7; t_{gl} = 80°\mathrm{C})$

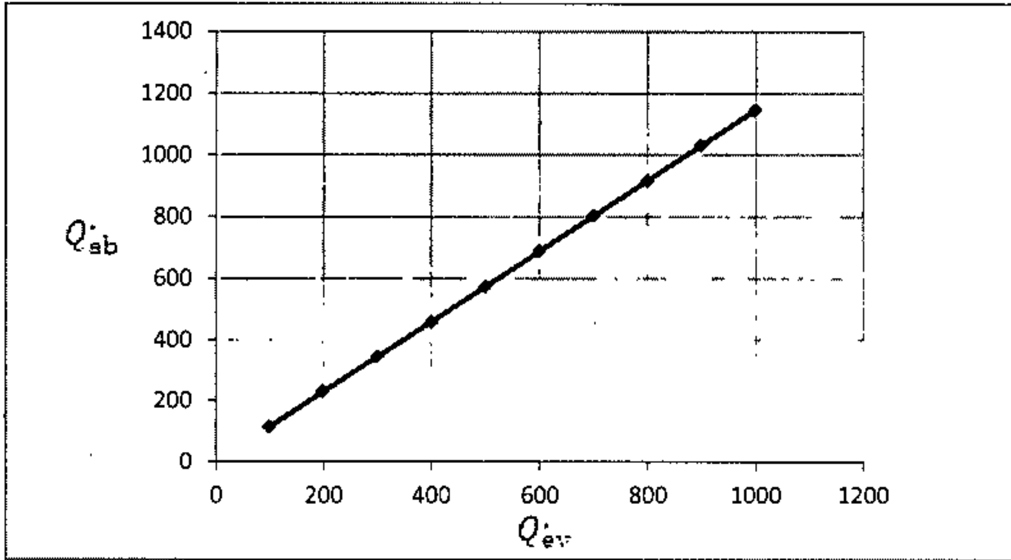
يمكن الاستنتاج من الشكل(5-12) والذي يظهر العلاقة بين مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع وكمية الحرارة المطروحة من الماص أن كمية الحرارة المطروحة من الماص إلى الوسط الخارجي لا تتغير مع تغير مردود المبادل الحراري ذي الضغط المنخفض.



الشكل (5-12) العلاقة بين مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع و معامل الأداء للدارة التسلسلية

$(Q_{ev}^{\cdot} = 300\ \mathrm{kW};\ t_{ab} = t_{con} = 35°\mathrm{C};\ t_{gh} = 130°\mathrm{C};\ t_{ev} = 5°\mathrm{C};\ \zeta_{HEl} = 0.7; t_{gl} = 80°\mathrm{C})$

يبيّن الشكل(5-13) العلاقة بين استطاعة التبريد لدارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة التسلسلية وكمية الحرارة المطروحة من الماصّ إلى الوسط الخارجي ويظهر ازدياد كمية الحرارة المطروحة بازدياد استطاعة التبريد .



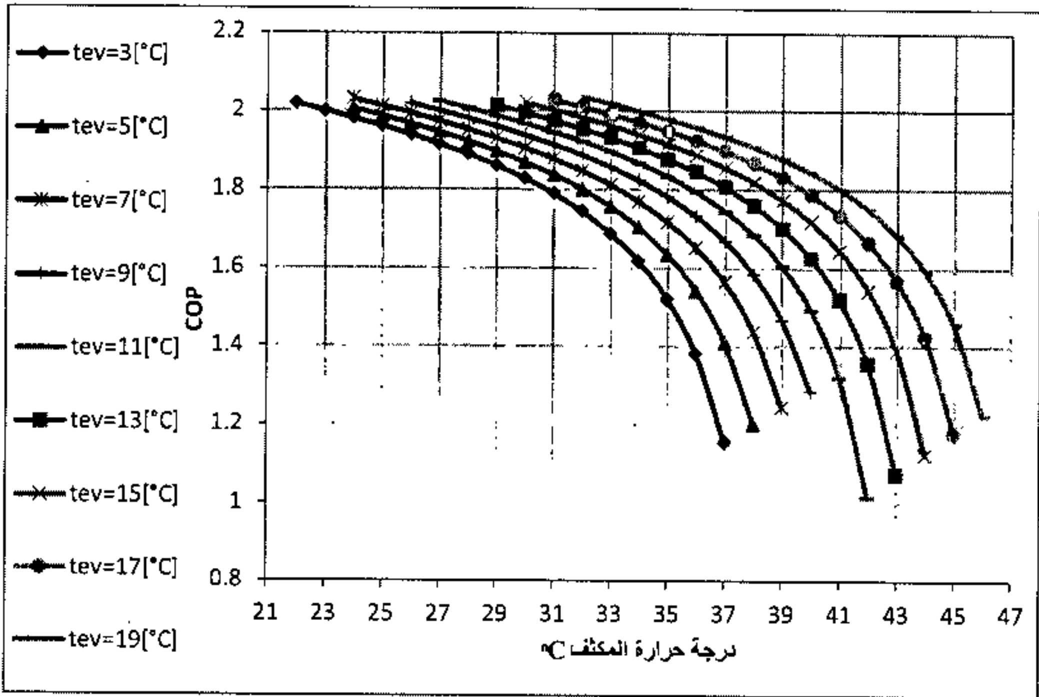
الشكل (5-13) العلاقة بين استطاعة التبريد و كمية الحرارة المطروحة في الماصّ للدارة التسلسلية

$(t_{ab} = t_{con} = 35°C; t_{gl} = 80°C; t_{gh} = 130°C; t_{ev} = 5°C; \zeta_{HEl} = \zeta_{HEh} = 0.7)$

وسيتمّ كخطوة لاحقة تغيير بارامترين من البارامترات معاً ودراسة أثر هذا التغيّر في معامل الأداء لدارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة التسلسلية .

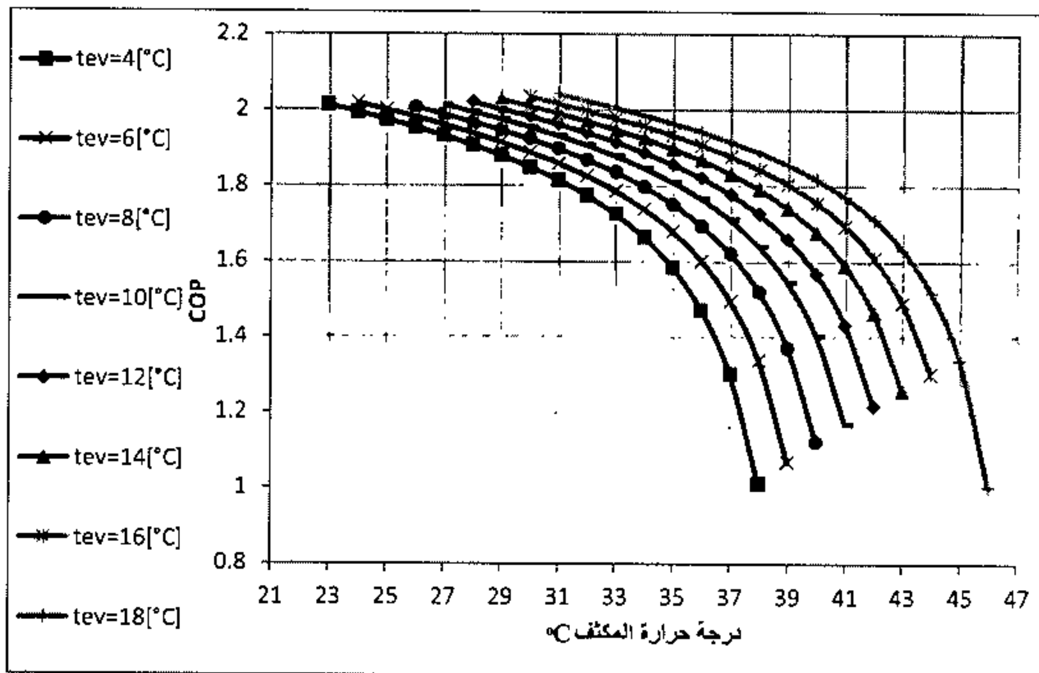
كما هو واضح في الشكل (5-14) والشكل (5-15) حيث تمّت دراسة العلاقة بين معامل أداء دارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة التسلسلية ودرجة حرارة المكثّف التي تساويت مع درجة حرارة الماصّ عند درجات حرارة مختلفة للمبخر، وذلك عند درجة حرارة لمولّد البخار ذي الضغط المرتفع $t_{gh} = 120°C$ ولوحظ تناقص معامل الأداء بازدياد درجة حرارة المكثّف وذلك عند درجات الحرارة المختلفة للمبخر.

يظهر الشكل (5-16) والشكل (5-17) العلاقة بين معامل الأداء ودرجة حرارة المكثّف عند درجات حرارة مختلفة للمبخر ولكن عند درجة حرارة لمولّد البخار ذي الضغط المرتفع $t_{gh} = 130°C$ نلاحظ أنه تم الحصول على النتيجة السابقة نفسها .



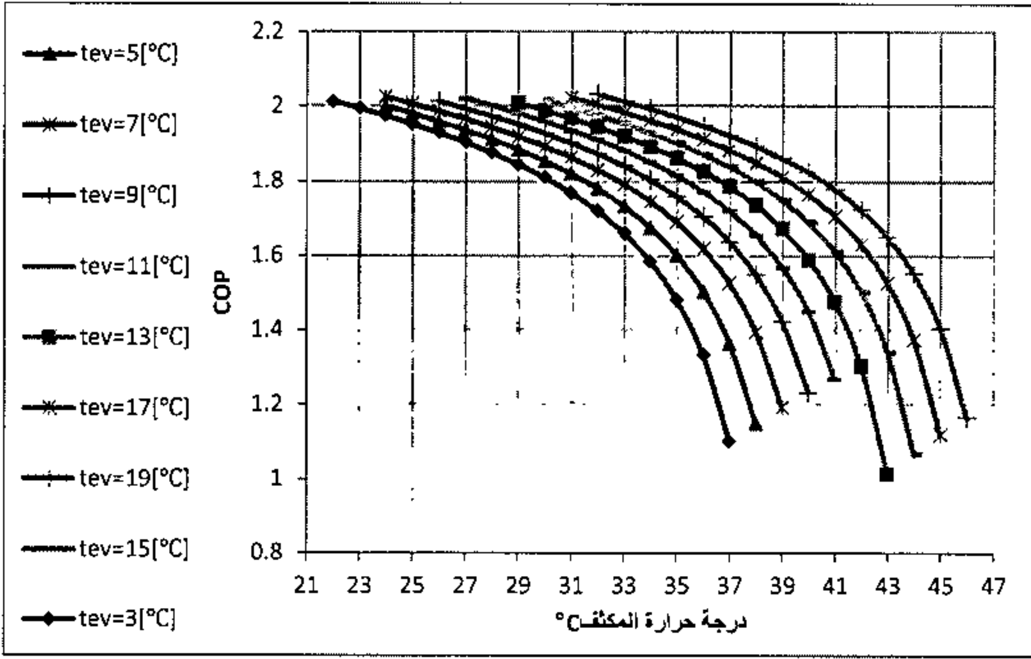
الشكل(5-14):العلاقة بين درجة حرارة المكثّف ومعامل الأداء للدارة عند درجات الحرارة الفردية للمبخر

$(Q_{ev} = 300\ kW; t_{ab} = t_{con};\ t_{gl} = 80°C;\ t_{gh} = 120°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7)$



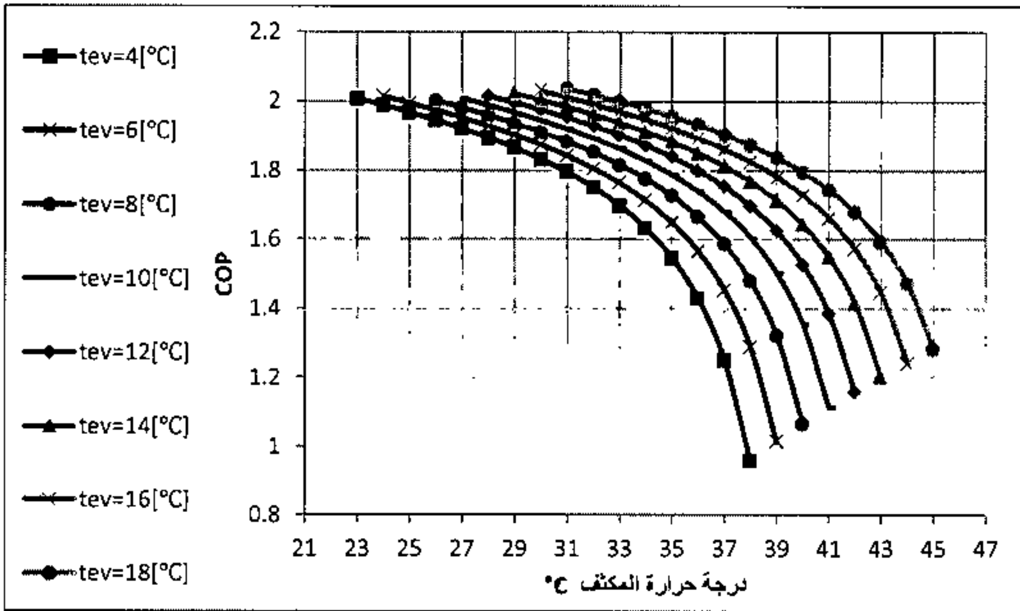
الشكل (5-15):العلاقة بين درجة حرارة المكثّف ومعامل الأداء للدارة عند درجات الحرارة الزوجية للمبخر

$(Q_{ev} = 300\ kW; t_{ab} = t_{con};\ t_{gl} = 80°C;\ t_{gh} = 120°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7)$



الشكل(5-16):العلاقة بين درجة حرارة المكثّف ومعامل الأداء للدارة عند درجات الحرارة الفردية للمبخر

$(Q_{ev} = 300\ \mathbf{kW}; t_{ab} = t_{con};\ t_{gl} = 80°\text{C};\ t_{gh} = 130°\text{C};\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7)$

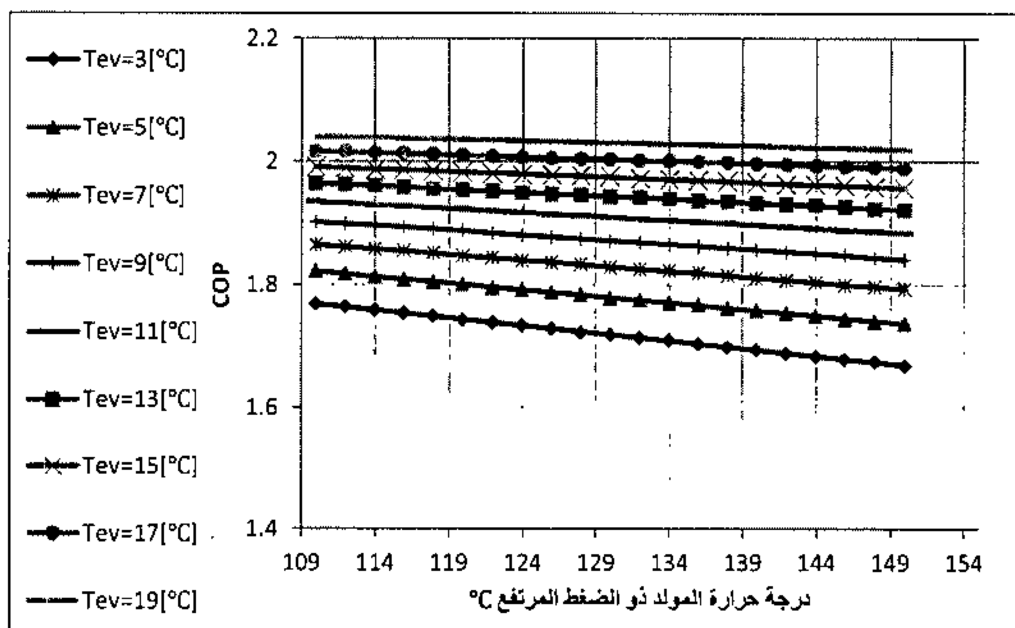


الشكل (5-17):العلاقة بين درجة حرارة المكثّف ومعامل الأداء للدارة عند درجات الحرارة الزوجية للمبخر

$(Q_{ev} = 300\ \mathbf{kW}; t_{ab} = t_{con};\ t_{gl} = 80°\text{C};\ t_{gh} = 130°\text{C};\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7)$

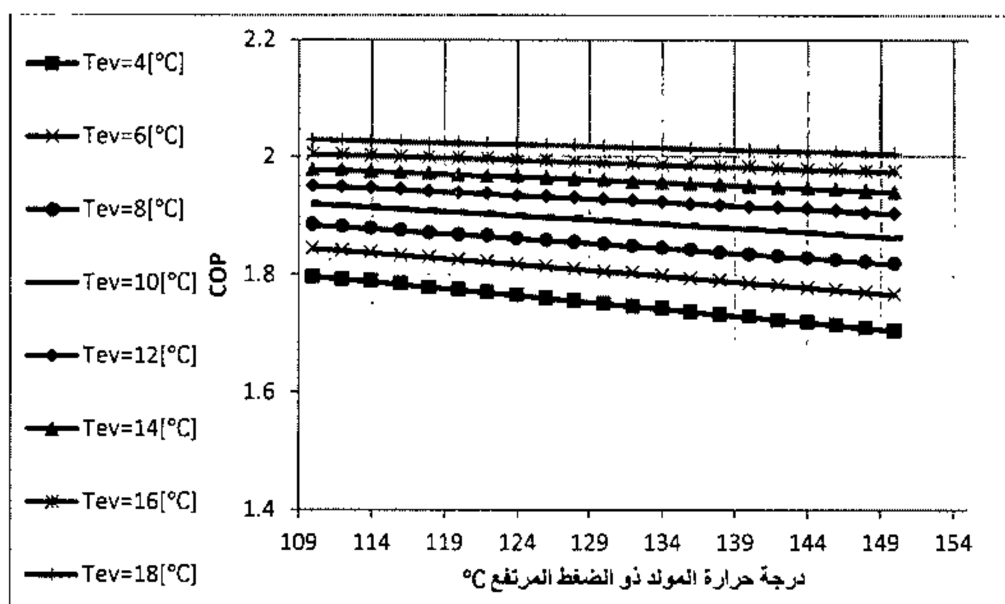
سنحاول فيما يأتي دراسة العلاقة بين درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المرتفع ومعامل أداء دارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة التسلسلية عند درجات حرارة مختلفة للمبخر.

يوضّح الشكل (5–18) والشكل (5–19) العلاقة بين درجة حرارة المولّد ذي الضغط المرتفع ومعامل الأداء للدارة الثنائية التسلسلية عند درجة حرارة ثابتة للمكثّف مساوية لـ $t_{con} = 32°C$.



الشكل (5–18) العلاقة بين درجة حرارة المولّد ذي الضغط المرتفع و معامل الأداء للدارة عند درجات الحرارة الفردية للمبخر

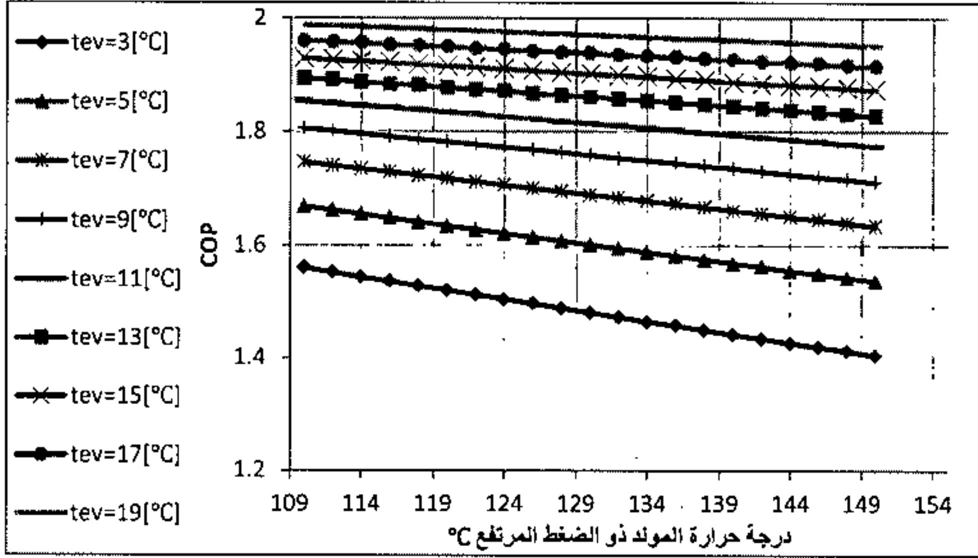
$(t_{ab} = t_{con} = 32°C;\ t_{gl} = 80°C; \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7; Q_{ev} = 300\ kW)$



الشكل (5–19) العلاقة بين درجة حرارة المولّد ذي الضغط المرتفع و معامل الأداء للدارة عند درجات الحرارة الزوجية للمبخر

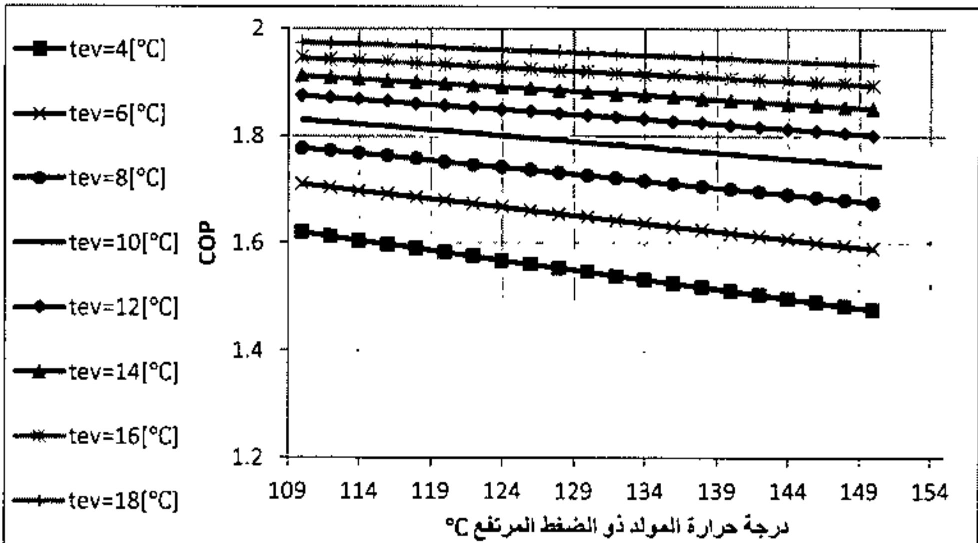
$(t_{ab} = t_{con} = 32°C;\ t_{gl} = 80°C; \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7; Q_{ev} = 300\ kW)$

يوضّح الشكل (5-20) والشكل (5-21) العلاقة بين درجة حرارة المولّد ذي الضغط المرتفع ومعامل الأداء للدارة الثنائية التسلسلية عند درجة حرارة ثابتة للمكثّف مساوية لـ $t_{con} = 35°C$ ويظهر الشكلان تناقص معامل الأداء للدارة بتزايد درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المرتفع عن درجات الحرارة المختلفة للمبخر.



الشكل (5-20) العلاقة بين درجة حرارة المولّد ذي الضغط المرتفع و معامل الأداء للدارة عند درجات الحرارة الفردية للمبخر

$(t_{ab} = t_{con} = 35°C;\ t_{gl} = 80°C; \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7; Q_{ev} = 300\ kW)$



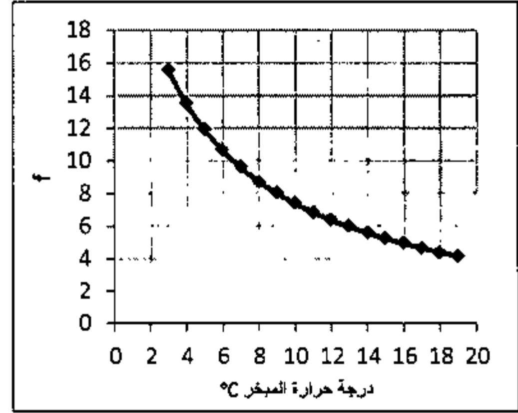
الشكل (5-21) العلاقة بين درجة حرارة المولّد ذي الضغط المرتفع و معامل الأداء للدارة عند درجات الحرارة الزوجية للمبخر

$(t_{ab} = t_{con} = 35°C;\ t_{gl} = 80°C; \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7; Q_{ev} = 300\ kW)$

- دراسة تأثير بارامترات العمل للدارة في معامل التدوير f

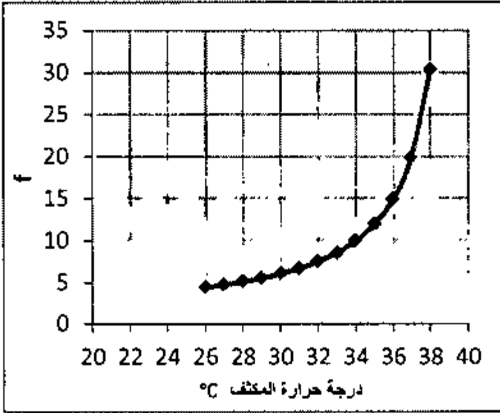
الخطوة التالية كانت إيجاد معامل التدوير لدارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة التسلسلية ودراسة تغيّر هذا المعامل بتغيّر البارامترات المختلفة للدارة.

يظهر الشكل (5–22) تغيّر معامل التدوير بتغيّر درجة حرارة المبخر وتظهر النتائج تناقص معامل التدوير للدارة بتزايد درجة حرارة المبخر. كما ويظهر الشكل(5–23) تغيّر معامل التدوير بتغيّر درجة حرارة المكثف ويلاحظ تزايد معامل التدوير مع تزايد درجة حرارة المكثف. كما يظهر الشكل(5–24) العلاقة بين معامل التدوير ودرجة حرارة مولد البخار ذي الضغط المنخفض وتظهر النتائج تناقص معامل التدوير للدارة مع تزايد درجة حرارة مولد البخار ذي الضغط المنخفض.



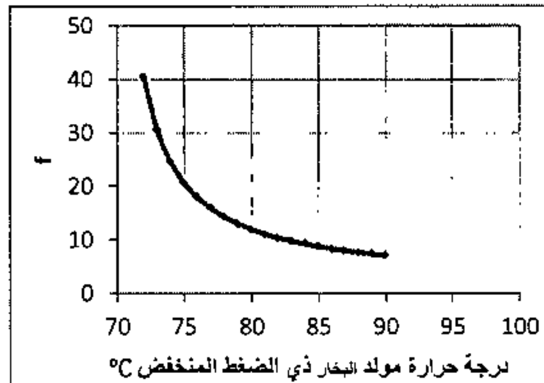
الشكل (5–22) العلاقة بين درجة حرارة المبخر ومعامل التدوير للدارة التسلسلية

($t_{con} = t_{ab} = 35°C$; $t_{gl} = 80°C$; $t_{gh} = 130°C$; $\zeta_{HEl} = 0.7$; $\zeta_{HEh} = 0.7$; $Q_{ev} = 300\ kW$)



الشكل (5–23): العلاقة بين درجة حرارة المكثّف ومعامل التدوير للدارة التسلسلية

($t_{ab} = t_{con}$; $t_{gl} = 80°C$; $t_{gh} = 130°C$; $t_{ev} = 5°C$; $\zeta_{HEl} = 0.7$; $\zeta_{HEh} = 0.7$; $Q_{ev} = 300\ kW$)



الشكل (5–24):العلاقة بين درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المنخفض ومعامل التدوير للدارة التسلسلية

($t_{ab} = t_{con} = 35°C$; $t_{gh} = 130°C$; $t_{ev} = 5°C$; $\zeta_{HEl} = 0.7$; $\zeta_{HEh} = 0.7$; $Q_{ev} = 300\ kW$)

كما بيّنت الدراسة ثبات قيمة معامل التدوير مع تغيّر درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المرتفع ومراديد المبادلات الحرارية وكذلك استطاعة التبريد

5-4- دارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة العكسية

يظهر الجدول (5-4) النتائج التي تم التوصل إليها من البرنامج المستخدم والخاصة بدارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة العكسية المبينة بالشكل(1-4).

جدول (5-4) بارامترات نقاط العمل لدارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة العكسية

State Point	T°C	P kPa	X_{libr} %	$\dot{m}$ kg/s	h kJ/kg
1	35	0.8726	55.7	0.8055	85.88
2	35	0.8726	55.7	0.8055	85.88
3		5.627	55.7	0.8055	182.5
5			66.12	0.6785	109.2
6		0.8726	66.12	0.6785	109.2
7		5.627	0	0.06768	2564
8	35	5.627	0	0.127	146.6
9		0.8726	0	0.127	146.6
10	5	0.8726	0	0.127	2510
11	80	5.627	60.81	0.7378	196.4
12	80	5.627	60.81	0.7378	196.4
13		25.5	60.81	0.7378	277.2
14	130	25.5	66.12	0.6785	311.8
15			66.12	0.6785	223.9
17		25.5	0	0.05927	2618
18	65.39	25.5	0	0.05927	273.7
19		5.627	0	0.05927	273.7

نلاحظ من الجدول (5-4) وجود بعض الحقول الفارغة في الجدول وذلك لعدم إمكانية حسابها بدقة باستخدام برنامج EES وذلك وفقاً لقاعدة بيانات البرنامج وكذلك كونها ليست قيماً أساس وليست ضرورية للدراسة.

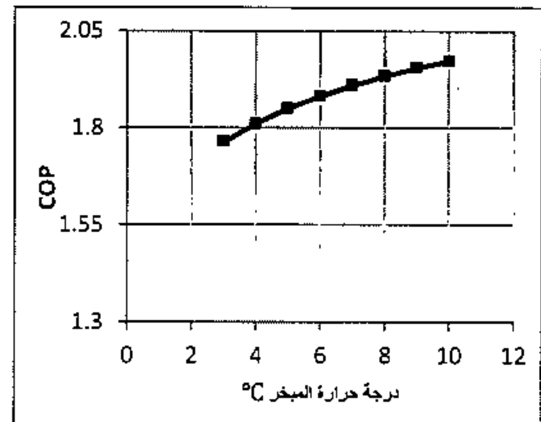
ويمثل الجدول المبيّن أعلاه النتائج عند شروط العمل المحددة بالجدول (5-1) وقد تبيّن أن معامل أداء الدارة عند هذه الشروط هو COP=1.849 ومعامل تدوير f=6.345، كمية الحرارة المقدّمة للدارة Q_{gh}=162.25 kW وكمية الحرارة المطروحة من الماصّ إلى الوسط الخارجي Q_{ab}=323.5kW

واستطاعة التبريد Q_{ev} =300 kW وبتغيير شروط العمل السابقة ضمن مجال معيّن ودراسة تغيّر معامل الأداء وكميات الحرارة المتبادلة نستطيع الحصول على صورة واضحة عن سلوك الدارة ضمن المجال المذكور سابقاً وقد تمّ إنجاز ذلك باستخدام برنامج EES أيضاً وفيما يأتي النتائج التي حصلنا عليها بهذه الطريقة .

يظهر الشكل(5-25) العلاقة بين معامل أداء الدارة ودرجة حرارة المبخر حيث تظهر النتائج تزايد معامل الأداء للدارة بتزايد درجة حرارة المبخر وهذا منطقي كون درجة الحرارة المذكورة تمثل درجة حرارة الوسط المراد تبريده (بعد التبريد) ومن الطبيعي تزايد معامل الأداء للدارة بتزايد درجة الحرارة المراد الوصول إليها. كما ويظهر الشكل(5-26) تغير معامل الأداء بتغير درجة حرارة المكثف وأظهرت النتائج تناقص معامل الأداء للدارة بتزايد درجة حرارة المكثف.

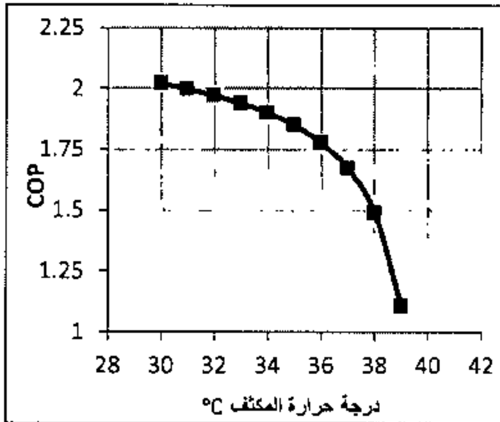
يظهر الشكل (5-27) تغير معامل الأداء بتغير درجة حرارة مولد البخار ذي الضغط المرتفع وأظهرت النتائج تناقص معامل الأداء للدارة بتزايد درجة حرارة مولد البخار ذي الضغط المرتفع كما يبين الشكل(5-28) تغير معامل الأداء بتغير درجة حرارة مولد البخار ذي الضغط المنخفض وأظهرت النتائج تزايد معامل الأداء للدارة بتزايد درجة حرارة مولد البخار ذي الضغط المنخفض كما يبين الشكل(5-29) تغير معامل الأداء بتغير مردود المبادل الحراري ذي الضغط المنخفض ويلاحظ تزايد معامل الأداء للدارة بتزايد مردود المبادل الحراري ذي الضغط المنخفض.

يظهر الشكل(5-30) تغير معامل الأداء بتغير مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع ويلاحظ تزايد معامل الأداء للدارة بتزايد مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع.



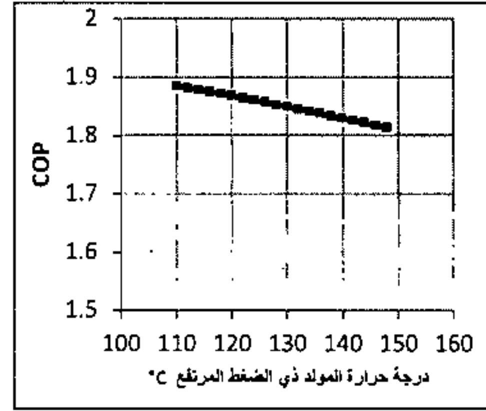
الشكل (5-25): العلاقة بين درجة حرارة المبخر ومعامل أداء الدارة العكسية

($t_{con} = t_{ab}$ = 35°C; t_{gl} = 80°C; t_{gh} = 130°C; ζ_{HEl} = 0.7; ζ_{HEh} = 0.7; Q_{ev} = 300 kW)



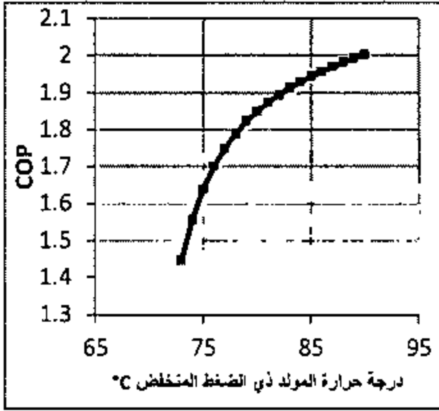
الشكل (5-26): العلاقة بين درجة حرارة المكثف ومعامل أداء الدارة العكسية

($t_{ab} = t_{con}$; t_{gl} = 80°C; t_{gh} = 130°C; t_{ev} = 5°C; ζ_{HEl} = 0.7; ζ_{HEh} = 0.7; Q_{ev} = 300 kW)



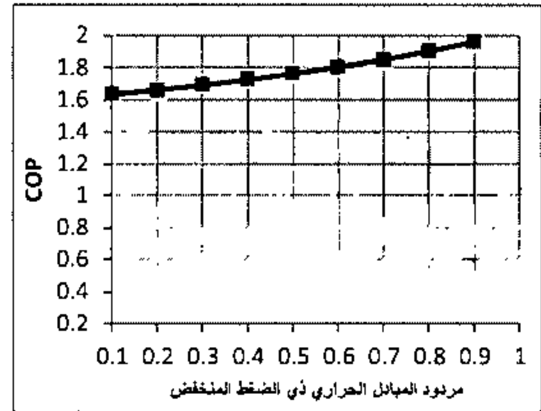
الشكل (5−27) العلاقة بين درجة حرارة المولّد ذي الضغط المرتفع ومعامل الأداء للدارة

$(t_{ab} = t_{con} = 35°C;\ t_{gl} = 80°C;\ t_{ev} = 5°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7;\ Q_{ev} = 300\ kW)$



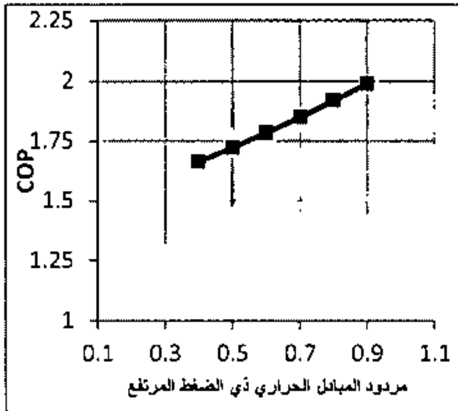
الشكل (5−28) العلاقة بين درجة حرارة المولّد ذي الضغط المنخفض ومعامل الأداء للدارة

$(t_{ab} = t_{con} = 35°C;\ t_{gh} = 130°C;\ t_{ev} = 5°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7;\ Q_{ev} = 300\ kW)$



الشكل (5−29) العلاقة بين مردود المبادل الحراري ذي الضغط المنخفض ومعامل الأداء للدارة

$(t_{ab} = t_{con} = 35°C;\ t_{gh} = 130°C;\ t_{ev} = 5°C;\ \zeta_{HEh} = 0.7;\ t_{gl} = 80;\ Q_{ev} = 300\ kW)$

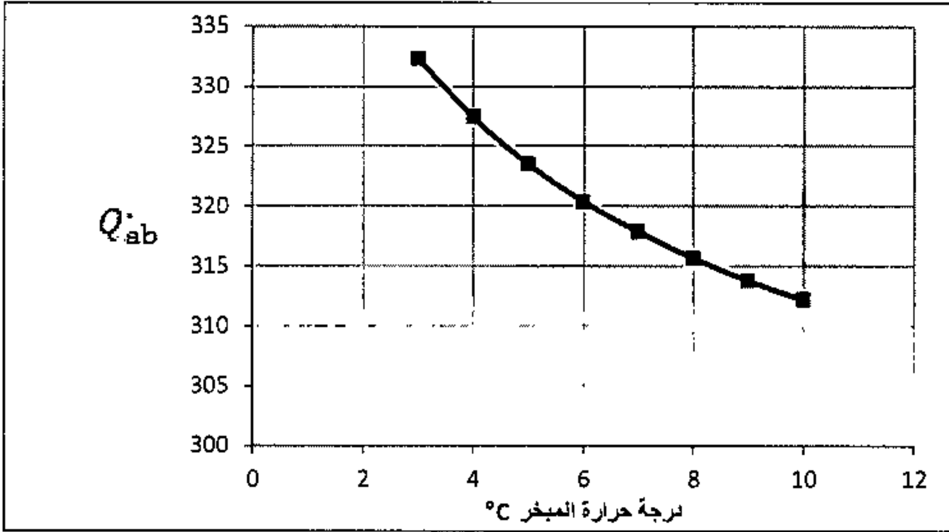


الشكل (5−30) العلاقة بين مردود المبادلالحراري ذي الضغط المرتفع ومعامل الأداء للدارة

$(t_{ab} = t_{con} = 35°C;\ t_{gh} = 130°C;\ t_{ev} = 5°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ t_{gl} = 80;\ Q_{ev} = 300\ kW)$

وفيما يلي نعرض تأثير البارامترات المدروس أثرها سابقاً على معامل أداء الدارة العكسية في كمية الحرارة المطروحة من الماصّ إلى الوسط الخارجي حيث تمّ التوصل إلى النتائج الآتية وذلك بالنسبة لدارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة العكسية .

يظهر الشكل (5−31) العلاقة بين درجة حرارة المبخر وكمية الحرارة المطروحة من الماصّ إلى الوسط الخارجي، ويلاحظ تناقص كمية الحرارة المطروحة هذه مع تزايد درجة حرارة المبخر.

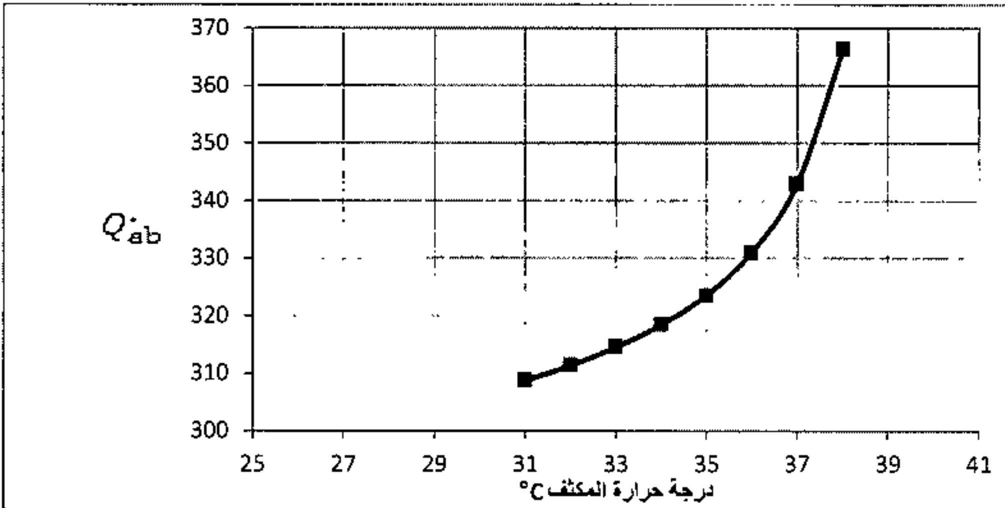


الشكل (5-31): العلاقة بين درجة حرارة المبخر وكمية الحرارة المطروحة في الماصّ للدارة الثنائية العكسية

$(Q_{ev} = 300\ \mathbf{kW}; t_{con} = t_{ab} = 35°C;\ t_{gl} = 80°C;\ t_{gh} = 130°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7)$

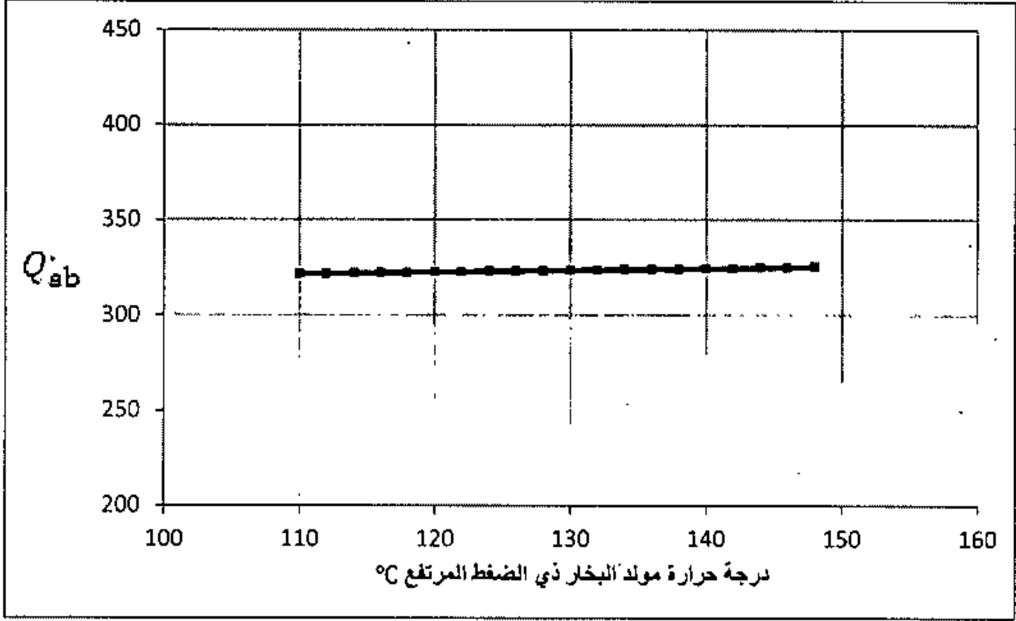
بينما يظهر الشكل(5-32) العلاقة بين درجة حرارة المكثف وكمية الحرارة المطروحة من الماص ويلاحظ تزايد كمية الحرارة المطروحة من الماص إلى الوسط الخارجي بازدياد درجة حرارة المكثّف .

يظهر الشكل(5-33) العلاقة بين كمية الحرارة المطروحة من الماص ودرجة حرارة مولد البخار ذي الضغط المرتفع وتظهر النتائج وجود تزايد طفيف لكمية الحرارة المطروحة مع تزايد درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المرتفع .



الشكل (5-32): العلاقة بين درجة حرارة المكثّف وكمية الحرارة المطروحة في الماصّ

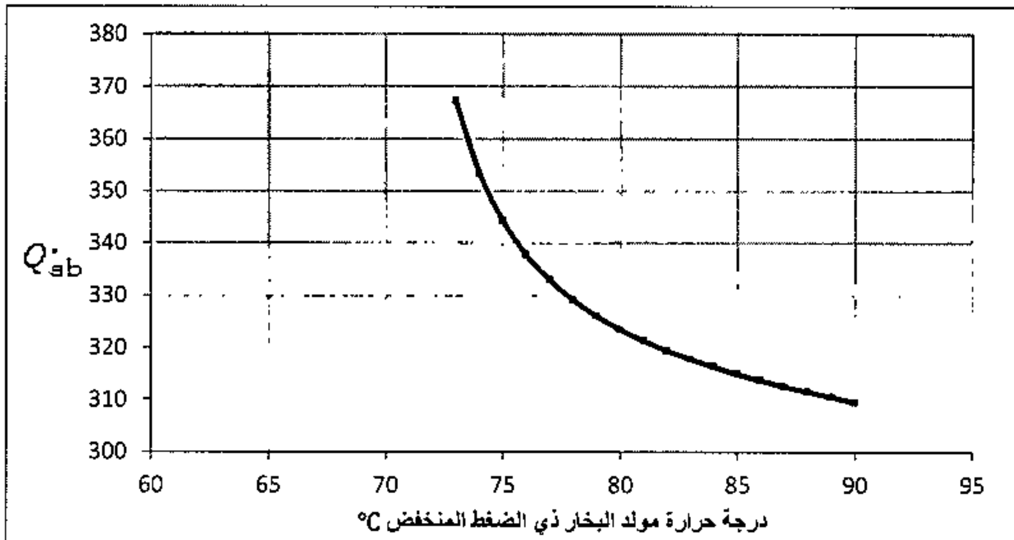
$(t_{ab} = t_{con};\ t_{gl} = 80°C;\ t_{gh} = 130°C;\ t_{ev} = 5°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7; Q_{ev} = -300\ kW)$



الشكل (5-33) العلاقة بين درجة حرارة المولّد ذي الضغط المرتفع وكمية الحرارة المطروحة في الماصّ مع ثبات درجة حرارة المبخر

$(Q_{ev} = 300\ \mathbf{kW}; \mathbf{t_{ab}} = \mathbf{t_{con}} = \mathbf{35}°C;\ \mathbf{t_{gl}} = \mathbf{80}°C;\ \mathbf{t_{ev}} = \mathbf{5}°C;\ \zeta_{HEl} = \mathbf{0.7};\ \zeta_{HEh} = \mathbf{0.7})$

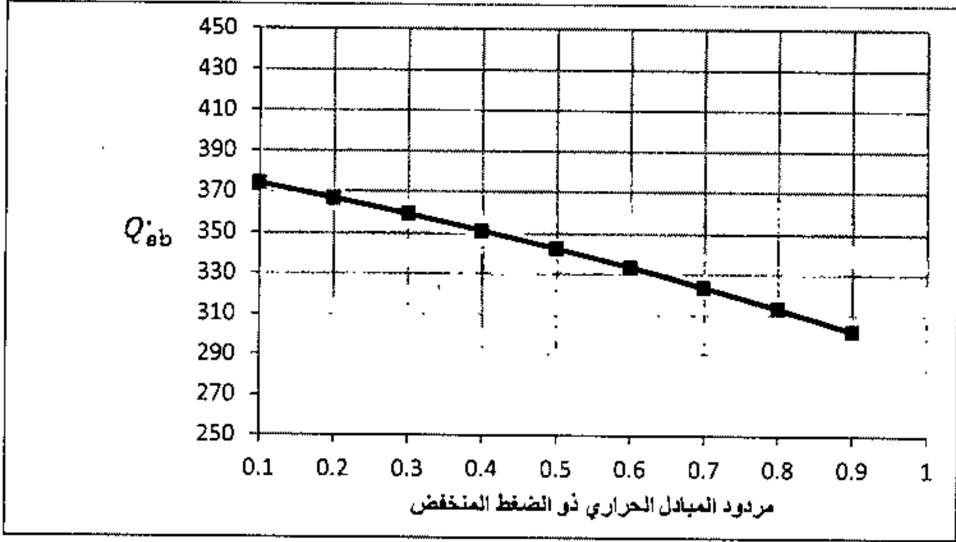
يظهر الشكل (5-34) العلاقة بين كمية الحرارة المطروحة من الماص ودرجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المنخفض وتظهر النتائج تناقص كمية الحرارة المطروحة مع تزايد درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المنخفض.



الشكل (5-34) العلاقة بين درجة حرارة المولّد ذي الضغط المنخفض وكمية الحرارة المطروحة في الماصّ مع ثبات درجة حرارة المبخر

$(Q_{ev} = \mathbf{300\ kW}; \mathbf{t_{ab}} = \mathbf{t_{con}} = \mathbf{35}°C;\ \mathbf{t_{gh}} = \mathbf{130}°C;\ \mathbf{t_{ev}} = \mathbf{5}°C;\ \zeta_{HEl} = \mathbf{0.7};\ \zeta_{HEh} = \mathbf{0.7})$

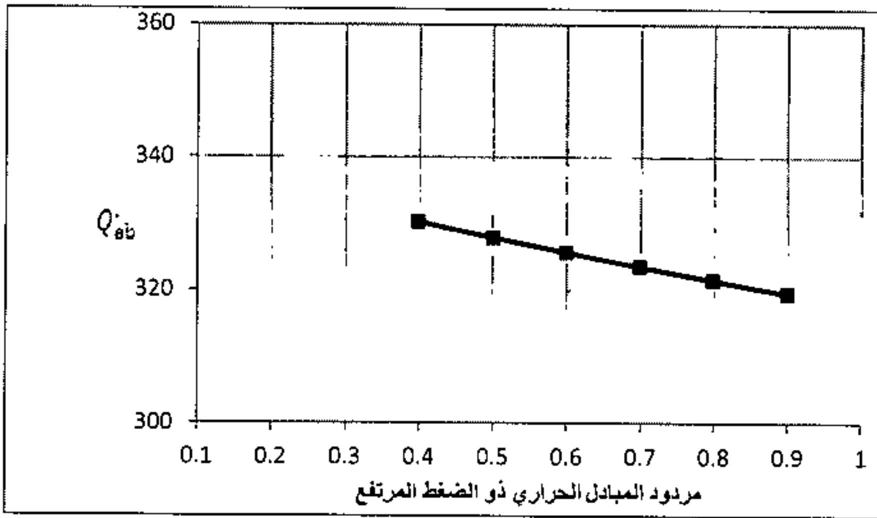
يظهر الشكل(5-35) العلاقة بين كمية الحرارة المطروحة من الماصّ ومردود المبادل الحراري ذي الضغط المنخفض ويلاحظ تناقص كمية الحرارة المطروحة بازدياد مردود المبادل الحراري ذي الضغط المنخفض .



الشكل (5-35) العلاقة بين مردود المبادل الحراري ذي الضغط المنخفض وكمية الحرارة المطروحة من الماص

$(Q_{ev}^{\cdot} = 300\ kW;\ t_{ab} = t_{con} = 35°C;\ t_{gh} = 130°C;\ t_{ev} = 5°C;\ \zeta_{HEh} = 0.7; t_{gl} = 80\ °C)$

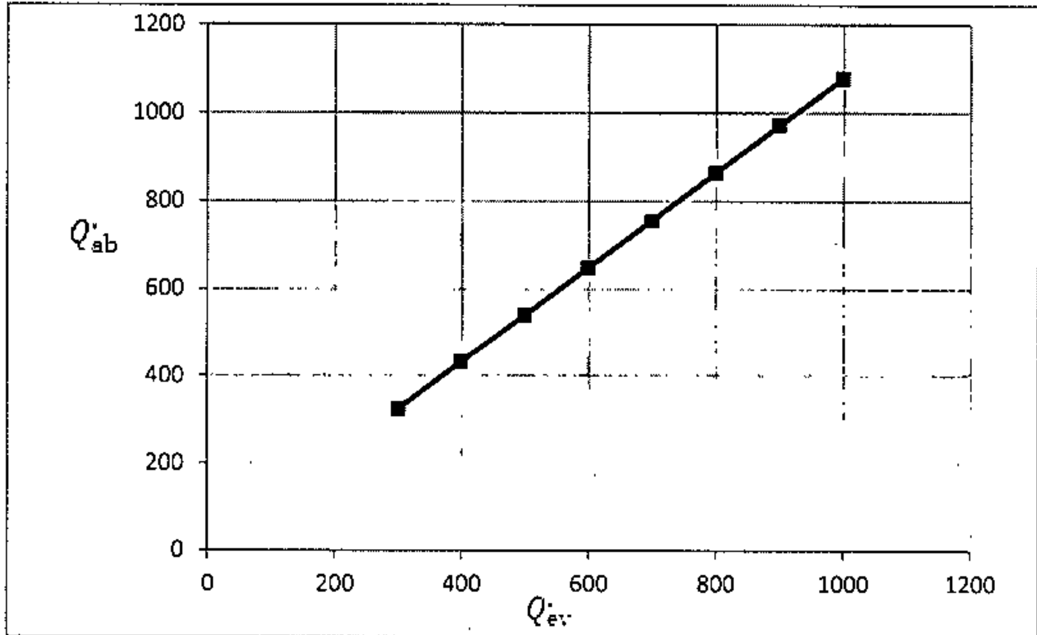
يظهر الشكل(5-36) العلاقة بين مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع وكمية الحرارة المطروحة من الماصّ ويلاحظ تناقص كمية الحرارة المطروحة من الماصّ إلى الوسط الخارجي بتزايد مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع .



الشكل (5-36) العلاقة بين مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع ومعامل الأداء للدارة

$(Q_{ev}^{\cdot} = 300\ kW;\ t_{ab} = t_{con} = 35°C;\ t_{gh} = 130°C;\ t_{ev} = 5°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7; t_{gl} = 80°C)$

يظهر الشكل(5-37) العلاقة بين استطاعة التبريد لدارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة العكسية وكمية الحرارة المطروحة من الماصّ إلى الوسط الخارجي وتظهر النتائج تزايد كمية الحرارة المطروحة من الماصّ إلى الوسط الخارجي بازدياد استطاعة التبريد للدارة.



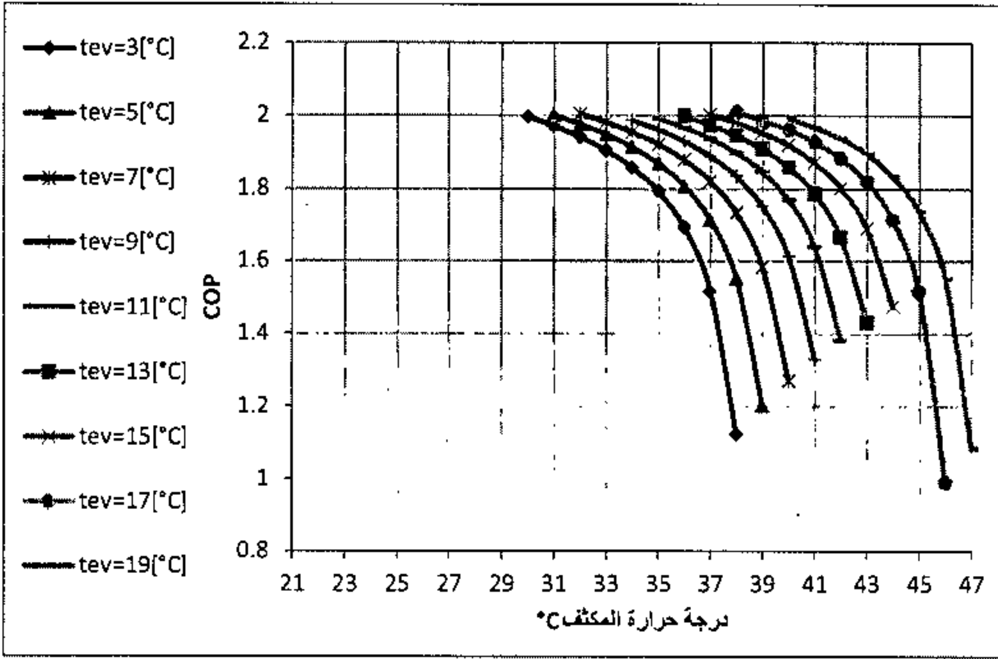
الشكل (5-37) العلاقة بين استطاعة التبريد وكمية الحرارة المطروحة في الماصّ

$(\mathbf{t_{ab}} = \mathbf{t_{con}} = \mathbf{35°C}; \mathbf{t_{gl}} = \mathbf{80°C}; \mathbf{t_{gh}} = \mathbf{130°C}; \mathbf{t_{ev}} = \mathbf{5°C}; \zeta_{HEl} = \zeta_{HEh} = \mathbf{0.7})$

تتمثل الخطوة التالية في تغيير بارامترين من بارامترات الدارة معاً ودراسة أثر هذا التغير في معامل الأداء للدارة .

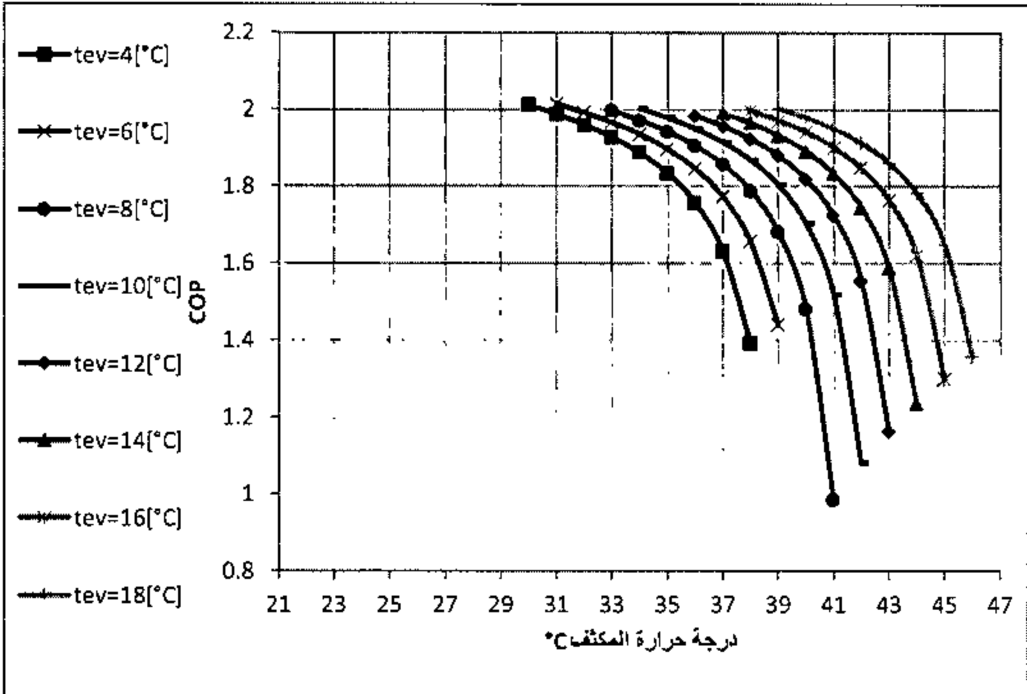
بالطريقة نفسها المعروضة سابقاً للدارة التسلسلية تمّت دراسة العلاقة بين درجة حرارة المكثّف ومعامل الأداء عند درجات حرارة مختلفة للمبخر ، ويوضّح الشكل (5-38) والشكل (5-39) النتائج التي تمّ التوصل إليها والتي تبيّن تناقص معامل الأداء بازدياد درجة حرارة المكثّف والمساوية لدرجة حرارة الماصّ وذلك عند درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المرتفع مساوية $t_{gh} = 120°C$.

وكذلك الأمر بالنسبة للشكل (5-40) والشكل (5-41) فقد تمّ الحصول على نتائج شبيهة بالنتائج الموضّحة بالشكل (5-38) والشكل (5-39) وذلك عند درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المرتفع مساوية $t_{gh} = 130\ °C$.



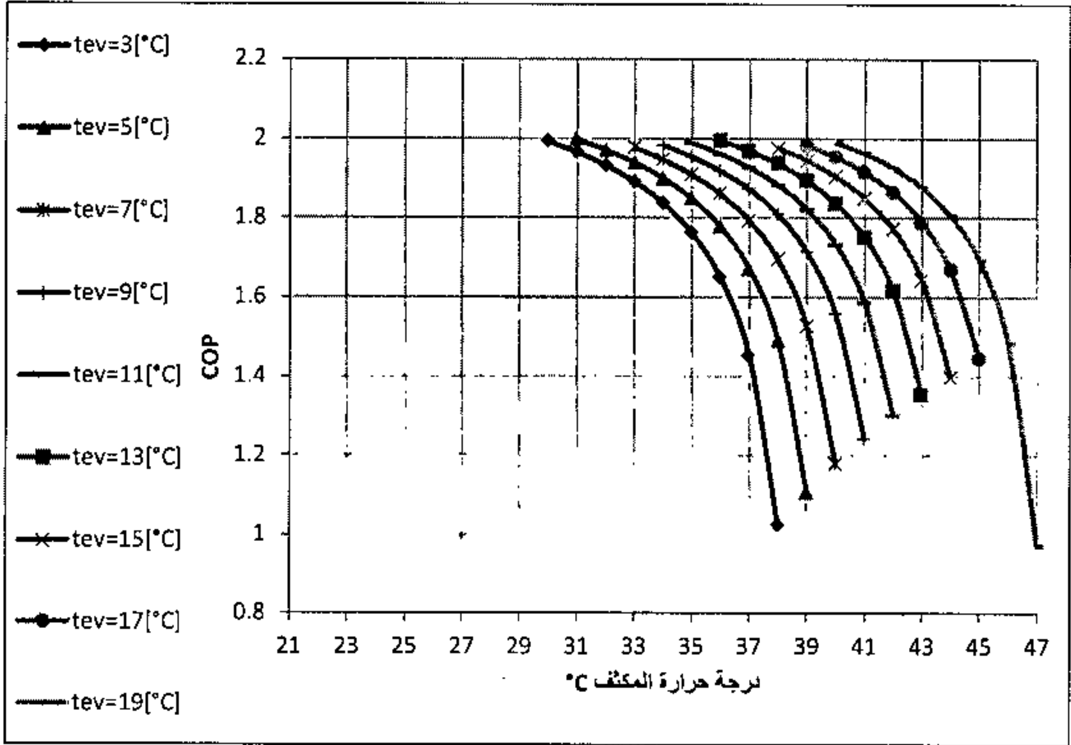
الشكل (5–38):العلاقة بين درجة حرارة المكثّف ومعامل الأداء للدارة عند درجات الحرارة الفردية للمبخر

$(Q_{ev} = 300\ kW; t_{ab} = t_{con};\ t_{gl} = 80°C;\ t_{gh} = 120°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7)$



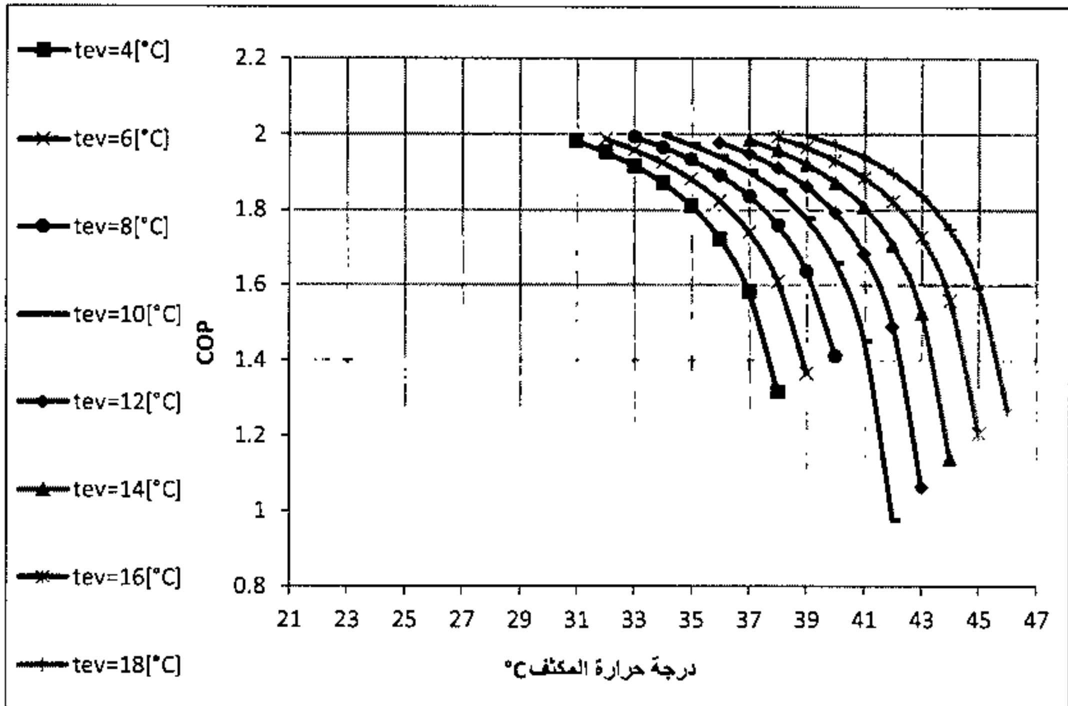
الشكل (5–39):العلاقة بين درجة حرارة المكثّف ومعامل الأداء للدارة عند درجات الحرارة الزوجية للمبخر

$(Q_{ev} = 300\ kW; t_{ab} = t_{con};\ t_{gl} = 80°C;\ t_{gh} = 120°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7)$



الشكل (5-40):العلاقة بين درجة حرارة المكثّف ومعامل الأداء للدارة عند درجات الحرارة الفردية للمبخر

($Q_{ev} = 300$ kW; $t_{ab} = t_{con}$; $t_{gl} = 80$°C; $t_{gh} = 130$°C; $\zeta_{HEl} = 0.7$; $\zeta_{HEh} = 0.7$)

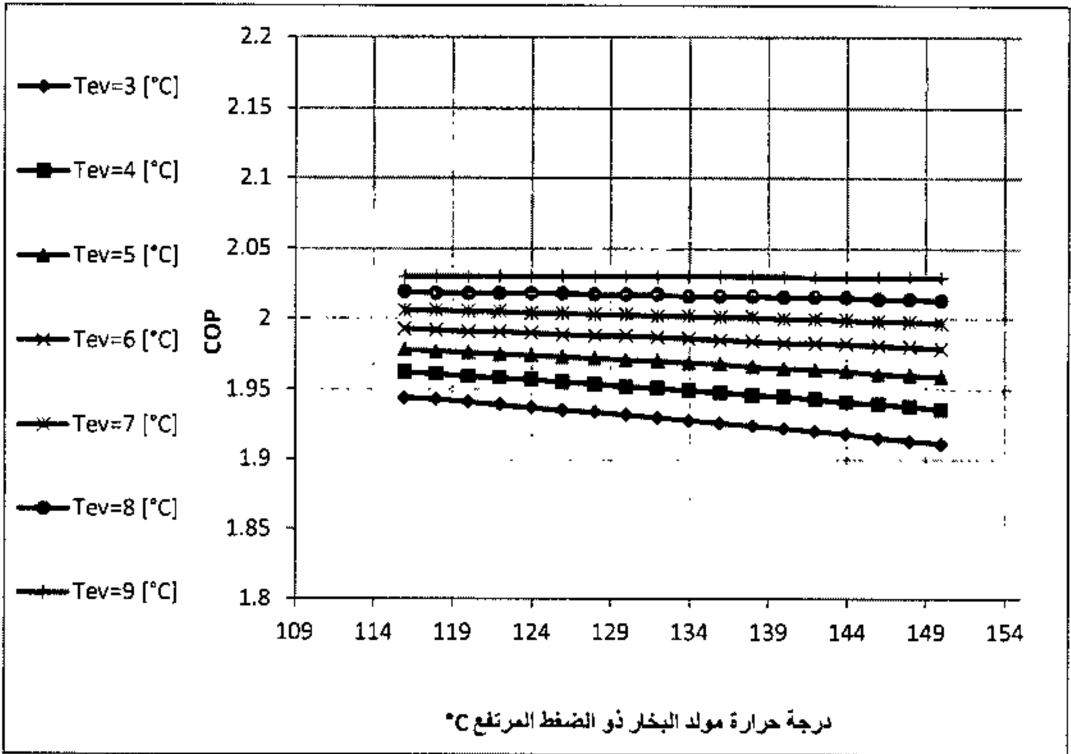


الشكل (5-41):العلاقة بين درجة حرارة المكثف ومعامل الأداء للدارة عند درجات الحرارة الزوجية للمبخر

($Q_{ev} = 300$ kW; $t_{ab} = t_{con}$; $t_{gl} = 80$°C; $t_{gh} = 130$°C; $\zeta_{HEl} = 0.7$; $\zeta_{HEh} = 0.7$)

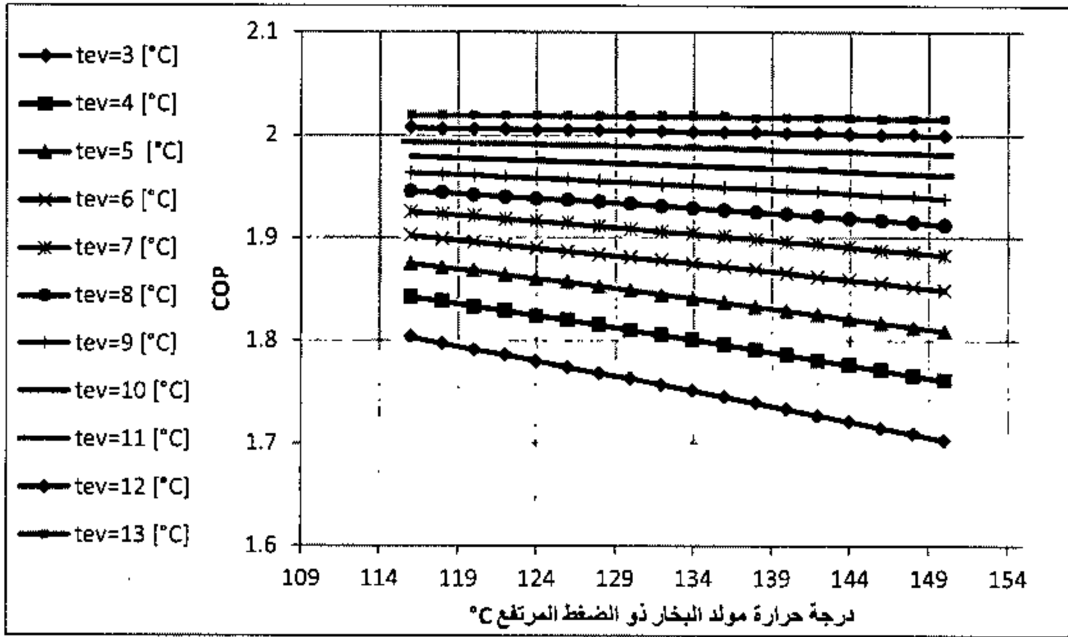
كما تمت دراسة العلاقة بين درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المرتفع ومعامل أداء دارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة العكسية .

يوضّح الشكل (5-42) هذه العلاقة عند درجة حرارة $t_{con} = 32\,°C$ وكذلك الأمر بالنسبة للشكل (5-43) عند درجة حرارة للمكثف $t_{con} = 35\,°C$ ويظهر كلا الشكلين تناقص معامل الأداء للدارة بتزايد درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المرتفع عند درجات الحرارة المختلفة للمبخر .



الشكل (5-42) العلاقة بين درجة حرارة المولّد ذي الضغط المرتفع و معامل الأداء للدارة عند درجات حرارة مختلفة للمبخر

$(t_{ab} = t_{con} = 32°C;\ t_{gl} = 80°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7;\ \dot{Q}_{ev} = 300\ kW)$

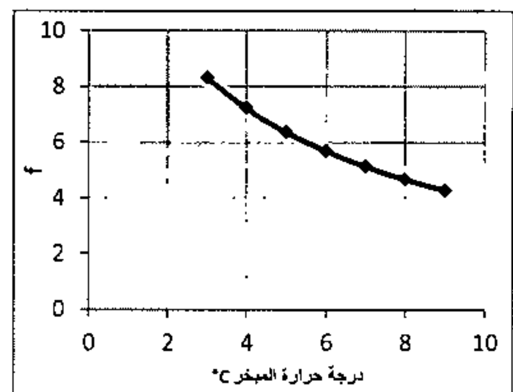


الشكل (5-43) العلاقة بين درجة حرارة المولّد ذي الضغط المرتفع و معامل الأداء للدارة عند درجات حرارة مختلفة للمبخر

$(t_{ab} = t_{con} = 35°C;\ t_{gl} = 80°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7;\ Q_{ev} = 300\ kW)$

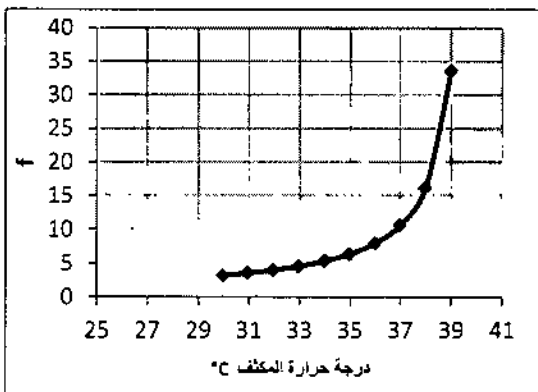
- <u>دراسة تأثير بارامترات العمل للدارة في معامل التدوير f</u>

لقد تمّ إيجاد علاقة تغير معامل التدوير لدارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة العكسية بتغيّر البارامترات المختلفة للدارة. ويظهر الشكل (5-44) تناقص معامل التدوير بتزايد درجة حرارة المبخر للدارة بينما يظهر الشكل (5-45) تزايد معامل التدوير للدارة بتزايد درجة حرارة المكثّف .



الشكل (5-44):العلاقة بين درجة حرارة المبخر ومعامل التدوير للدارة العكسية

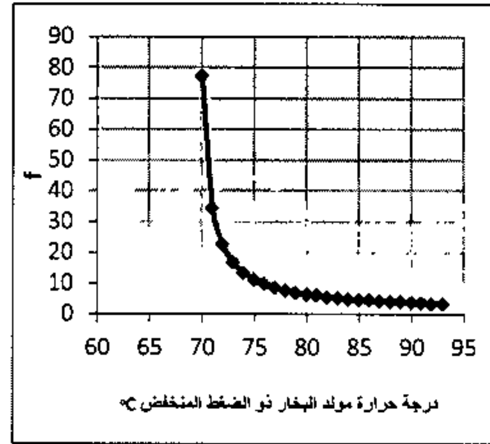
$(t_{con} = t_{ab} = 35°C;\ t_{gl} = 80°C;\ t_{gh} = 130°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7;\ Q_{ev} = 300\ kW)$



الشكل (5-45):العلاقة بين درجة حرارة المكثّف ومعامل التدوير للدارة العكسية

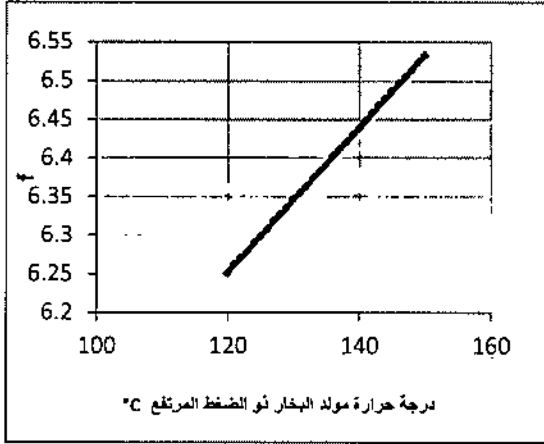
$(t_{ab} = t_{con};\ t_{gl} = 80°C;\ t_{gh} = 130°C;\ t_{ev} = 5°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7;\ Q_{ev} = 300\ kW)$

يظهر الشكل (5-46) تناقص معامل التدوير بتزايد درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المنخفض ويظهر الشكل (5-47) تزايد معامل التدوير بتزايد درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المرتفع.



الشكل (5-46):العلاقة بين درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المنخفض ومعامل التدوير للدارة العكسية

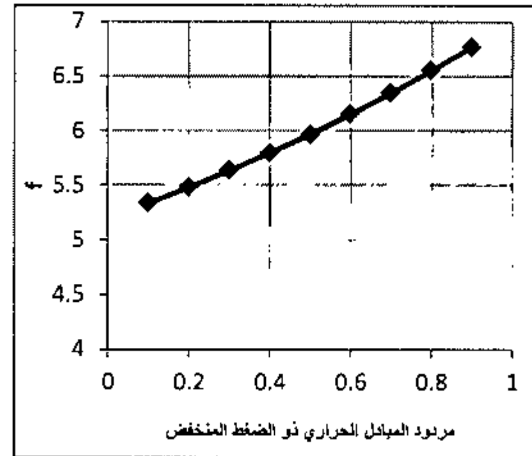
$(t_{ab} = t_{con} = 35°C;\ t_{gh} = 130°C;\ t_{ev} = 5°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7;\ Q_{ev} = 300\ kW)$



الشكل (5-47):العلاقة بين درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المرتفع ومعامل التدوير للدارة العكسية

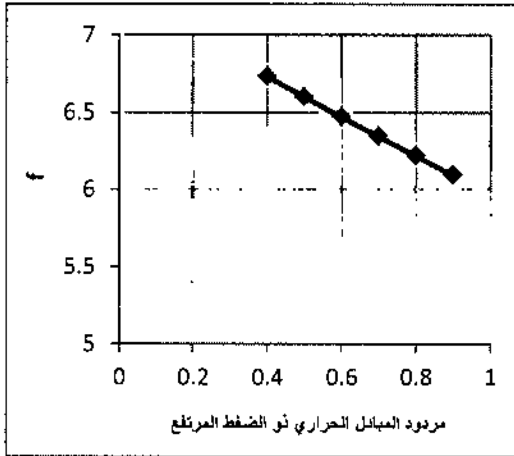
$(t_{ab} = t_{con} = 35°C;\ t_{gl} = 80°C;\ t_{ev} = 5°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7;\ Q_{ev} = 300\ kW)$

يتبيّن من الشكل (5-48) والشكل (5-49) تزايد معامل التدوير بازدياد مردود المبادل الحراري ذي الضغط المنخفض وتناقصه بازدياد مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع. كما لوحظ أن معامل التدوير لا يرتبط باستطاعة التبريد.



الشكل (5-48):العلاقة بين مردود المبادل الحراري ذي الضغط المنخفض ومعامل التدوير للدارة العكسية

$(t_{ab} = t_{con} = 35°C;\ t_{gl} = 80°C;\ t_{ev} = 5°C;\ t_{gh} = 130°C;\ \zeta_{HEh} = 0.7;\ Q_{ev} = 300\ kW)$



الشكل (5-49):العلاقة بين مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع ومعامل التدوير للدارة العكسية

$(t_{ab} = t_{con} = 35°C;\ t_{gl} = 80°C;\ t_{ev} = 5°C;\ t_{gh} = 130°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ Q_{ev} = 300\ kW)$

5-5- دارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة ذات الجريانات المتوازية

يظهر الجدول (5-5) النتائج التي تم الحصول عليها من البرنامج وذلك بالنسبة لدارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة ذات الجريانات المتوازية والموضحة بالشكل (5-1).

جدول (5-5) بارامترات نقاط العمل المختلفة لدارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة ذات الجريانات المتوازية

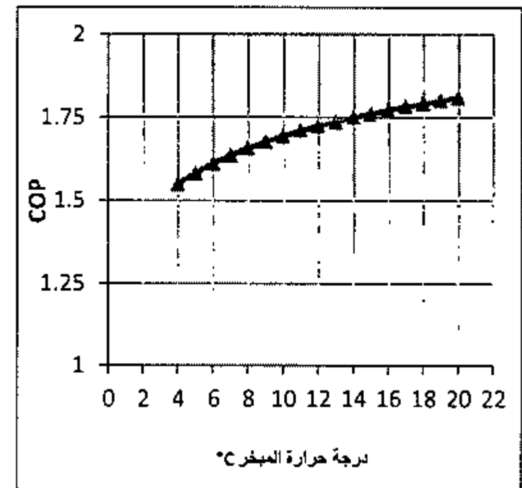
State Point	T°C	P kPa	X_{libr} %	$\dot{m}$ kg/s	h kJ/kg
1	35	0.8726	55.7	1.372	85.88
2	35	0.8726	55.7	1.372	85.88
3			55.7	1.372	161.2
4		5.627	61.38	1.245	193.4
5			61.38	1.245	110.5
6		0.8726	61.38	1.245	110.5
7		5.627	0	0.05763	2564
8	35	5.627	0	0.127	146.6
9		0.8726	0	0.127	146.6
10	5	0.8726	0	0.127	2510
11		5.627	55.7	0.6859	161.2
12			55.7	0.6859	161.2
13		40.98	55.7	0.6859	253.8
14	130	40.98	61.38	0.6166	393.6
15			61.38	0.6166	190.5
16		5.627	61.38	0.6166	190.5
17		40.98	0	0.06932	2637
18	76.43	40.98	0	0.06932	320
19		5.627	0	0.06932	320
20	80	5.627	61.38	0.6283	196.4

وكما هي الحال بالنسبة للدارات السابقة يلاحظ وجود حقول فارغة في الجدول نظراً لعدم القدرة على حساب قيم هذه الحقول بدقةٍ باستخدام برنامج EES وكذلك كونها ليست قيماً أساسية وضرورية للدراسة.

يمثل الجدول (5-5) النتائج عند شروط العمل المحددة بالجدول(5-1) وقد أعطت الدارة معامل أداء عند هذه الشروط COP= 1.582 وكمية الحرارة المقدّمة للدارة $\dot{Q}_{gh}$=189.7 kW وكمية الحرارة المطروحة من الماصّ إلى الوسط الخارجي $\dot{Q}_{ab}$=338.3 kW واستطاعة التبريد $\dot{Q}_{ev}$ = 300 kW وبتغيير شروط العمل السابقة ضمن مجال معيّن ودراسة تغيّر معامل الأداء وكميات الحرارة المتبادلة

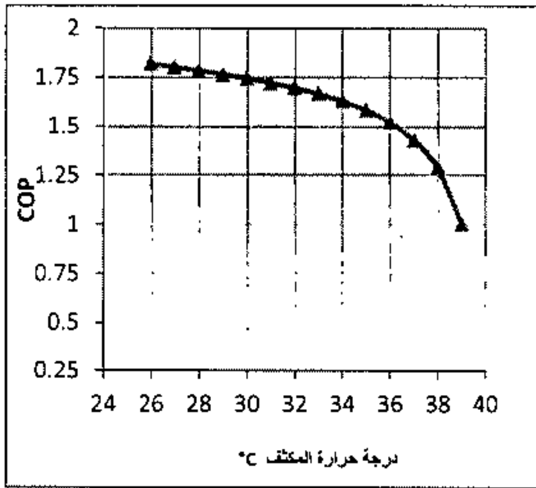
نستطيع الحصول على صورة واضحة عن سلوك الدارة ضمن المجال المذكور سابقاً ، وقد تمّ إنجاز ذلك باستخدام برنامج EES أيضاً. وفيما يأتي النتائج التي حصلنا عليها بهذه الطريقة.

يظهر الشكل(5-50) تغير معامل الأداء بتغير درجة حرارة المبخر وأظهرت النتائج تزايد معامل الأداء للدارة بتزايد درجة حرارة المبخّر وهذا منطقي كون درجة الحرارة المذكورة تمثل درجة حرارة الوسط المراد تبريده (بعد التبريد) ومن الطبيعي زيادة معامل الأداء للدارة بتزايد درجة الحرارة المراد الوصول إليها. كما ويظهر الشكل(5-51) تغير معامل الأداء بتغير درجة حرارة المكثف وأظهرت النتائج تناقص معامل الأداء للدارة بتزايد درجة حرارة المكثف.



الشكل (5-50):العلاقة بين درجة حرارة المبخر ومعامل أداء الدارة ذات الجريانات المتوازية

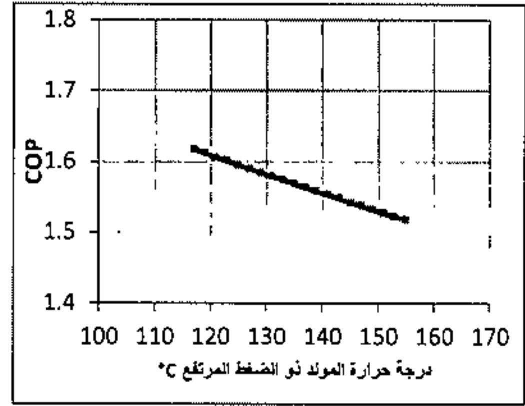
($t_{con} = t_{ab} = 35°C$; $t_{gl} = 80°C$; $= \zeta_{HEl} = 0.7$; $\zeta_{HEh} = 0.7$; $Q_{ev} = 300$ kW, $t_{gh} = 130°C$; $m = 1$)



الشكل (5-51):العلاقة بين درجة حرارة المكثف ومعامل أداء الدارة ذات الجريانات المتوازية

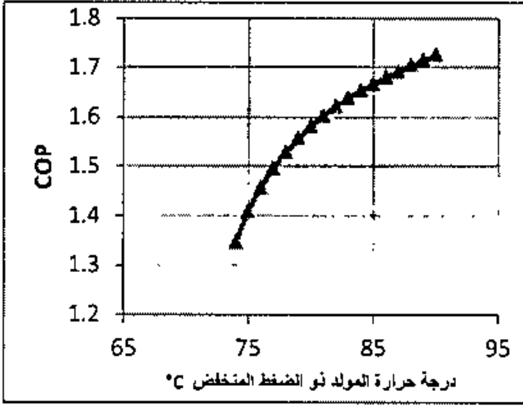
(m=1 ; $t_{ab} = t_{con}$; $t_{gl} = 80°C$; $t_{gh} = 130°C$; $t_{ev} = 5°C$; $\zeta_{HEl} = 0.7$; $\zeta_{HEh} = 0.7$; $Q_{ev} = 300$ kW)

يظهر الشكل(5-52) تغير معامل الأداء بتغير درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المرتفع وأظهرت النتائج تناقص معامل الأداء للدارة بتزايد درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المرتفع. كما يظهر الشكل(5-53) تغير معامل الأداء بتغير درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المنخفض وأظهرت النتائج تزايد معامل الأداء للدارة بتزايد درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المنخفض. يظهر الشكل(5-54) تغير معامل الأداء بتغير مردود المبادل الحراري ذي الضغط المنخفض ويلاحظ تزايد معامل الأداء للدارة بتزايد مردود المبادل الحراري ذي الضغط المنخفض كما يبين الشكل(5-55) تغير معامل الأداء بتغير مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع ويلاحظ تزايد معامل الأداء للدارة بتزايد مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع .



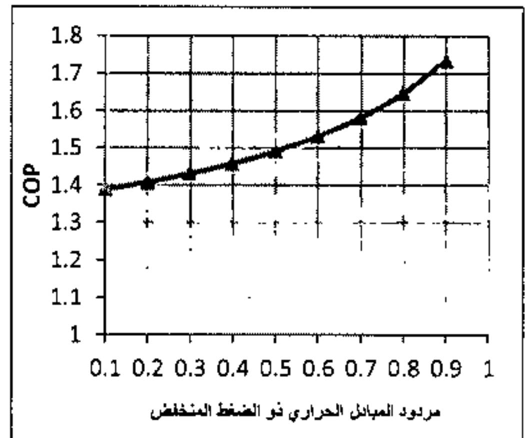
الشكل (5-52) العلاقة بين درجة حرارة المولّد ذي الضغط المرتفع ومعامل الأداء للدارة

($t_{ab} = t_{con} = 35°C;\ t_{gl} = 80°C;\ t_{ev} = 5°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7;\ \dot{Q}_{ev} = 300\ kW;\ m = 1$)



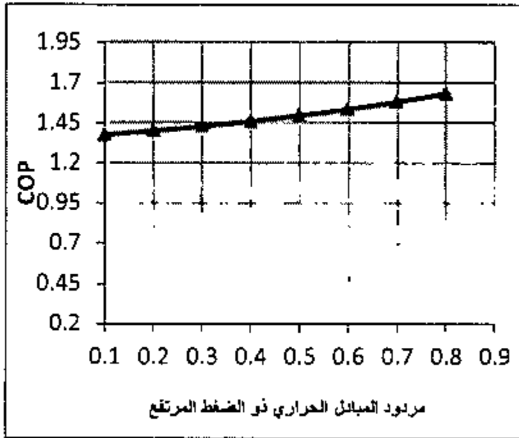
الشكل (5-53) العلاقة بين درجة حرارة المولّد ذي الضغط المنخفض ومعامل الأداء للدارة

($t_{ab} = t_{con} = 35°C;\ t_{gh} = 130°C;\ t_{ev} = 5°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7;\ \dot{Q}_{ev} = 300\ kW;\ m = 1$)



الشكل (5-54) العلاقة بين مردود المبادل الحراري ذي الضغط المنخفض ومعامل الأداء للدارة

($t_{ab} = t_{con} = 35°C;\ t_{gh} = 130°C;\ t_{ev} = 5°C;\ \zeta_{HEh} = 0.7;\ t_{gl} = 80°C;\ \dot{Q}_{ev} = 300kW;\ m = 1$)

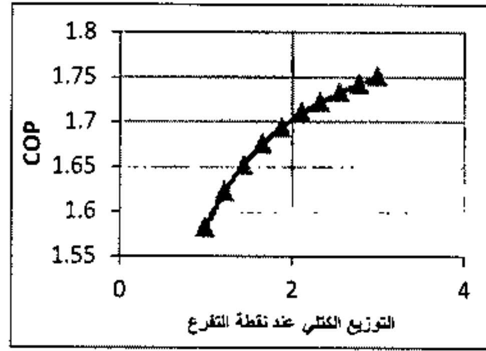


الشكل (5-55) العلاقة بين مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع ومعامل الأداء للدارة

($t_{ab} = t_{con} = 35°C;\ t_{gh} = 130°C;\ t_{ev} = 5°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ t_{gl} = 80°C;\ \dot{Q}_{ev} = 300\ kW;\ m = 1$)

وفيما يأتي توصيف لنقطة التفرع عن طريق التوزع الكتلي الذي نعبّر عنه بنسبة التدفق الكتلي المغادر عبر الفرع عند النقطة 11 إلى التدفق الكتلي المغادر عبر الفرع الآخر 12 وذلك من الشكل (5-1).

يظهر الشكل (5-56) العلاقة بين معامل الأداء للدارة الثنائية ذات الجريانات المتوازية ونسبة التوزع الكتلي للتدفقات عند نقطة التفرع وأظهرت النتائج تزايد معامل الأداء بتزايد نسبة التوزع الكتلي للتدفقات عند نقطة التفرع .

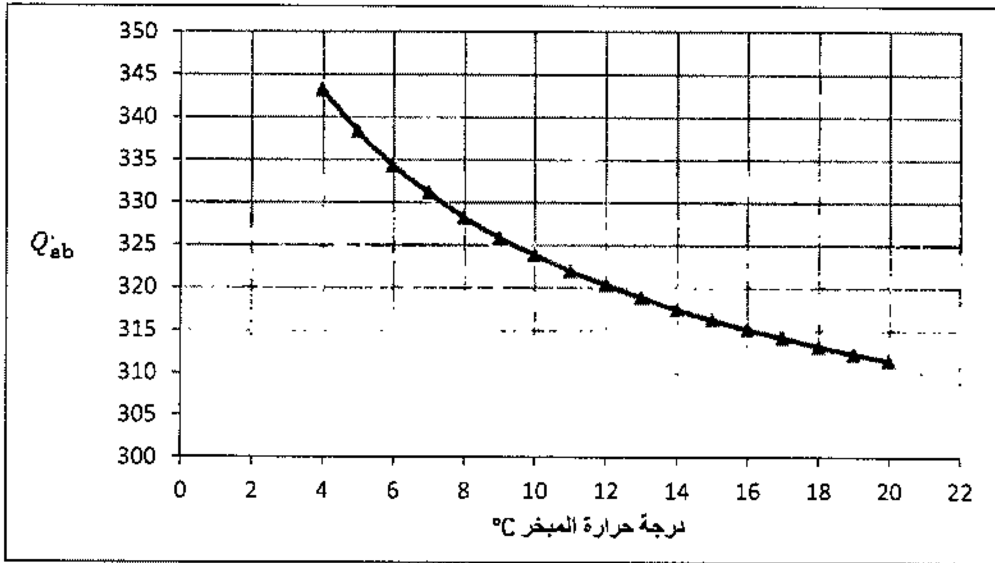


الشكل (5-56) العلاقة بين نسبة التوزع الكتلي ومعامل الأداء

$(t_{ab} = t_{con} = 35°C;\ t_{gh} = 130°C;\ t_{ev} = 5°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7; t_{gl} = 80; Q_{ev} = 300\ kW)$

نعرض فيما يأتي تأثير هذه البارامترات في كمية الحرارة المطروحة من الماصّ إلى الوسط الخارجي وذلك بالنسبة لدارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة ذات الجريانات المتوازية.

يظهر الشكل (5-57) العلاقة بين درجة حرارة المبخر وكمية الحرارة المطروحة من الماصّ إلى الوسط الخارجي ويلاحظ تناقص كمية الحرارة المطروحة مع تزايد درجة حرارة المبخر.

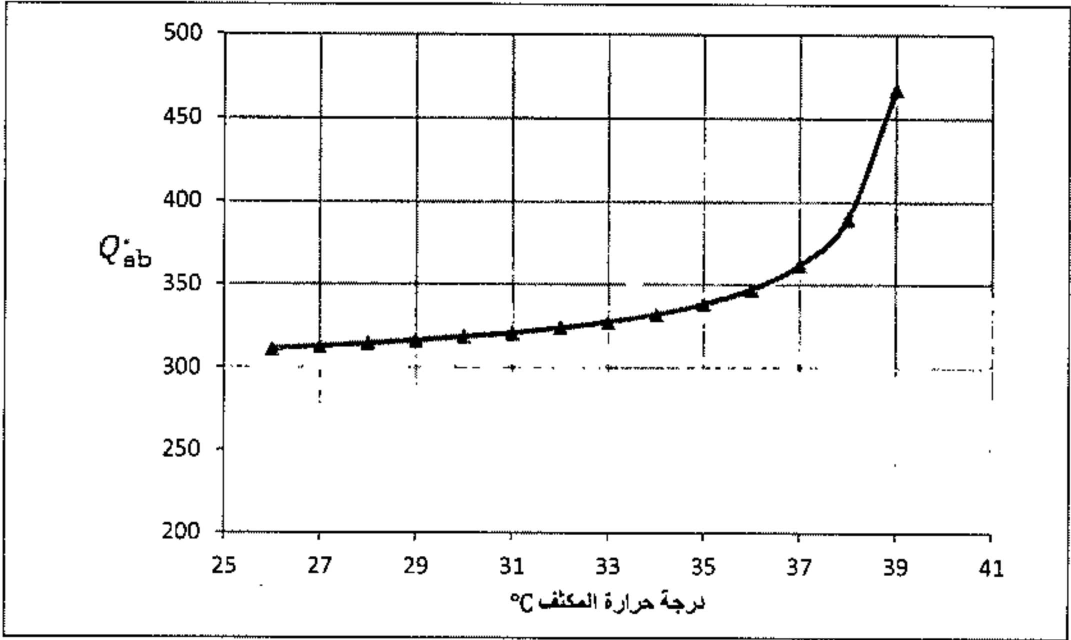


الشكل (5-57): العلاقة بين درجة حرارة المبخر وكمية الحرارة المطروحة في الماصّ

$(m = 1; Q_{ev} = 300\ kW; t_{con} = t_{ab} = 35°C;\ t_{gl} = 80°C;\ t_{gh} = 130°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7)$

يظهر الشكل(5-58) العلاقة بين درجة حرارة المكثف وكمية الحرارة المطروحة من الماصّ ويلاحظ تزايد كمية الحرارة المطروحة من الماصّ إلى الوسط الخارجي بازدياد درجة حرارة المكثف كما يظهر الشكل(5-59) العلاقة بين كمية الحرارة المطروحة من الماصّ ودرجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط

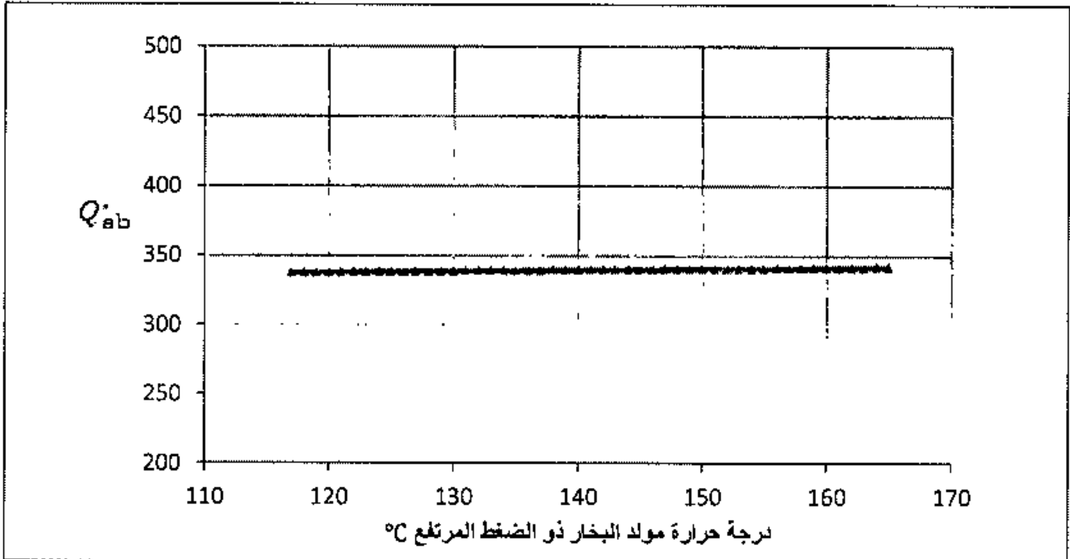
المرتفع ويلاحظ وجود تزايد طفيف لكمية الحرارة المطروحة مع تزايد درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المرتفع .



الشكل (5-58):العلاقة بين درجة حرارة المكثّف وكمية الحرارة المطروحة في الماصّ

$(m = 1; t_{ab} = t_{con};\ t_{gl} = 80°C;\ t_{gh} = 130°C;\ t_{ev} = 5°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7;$

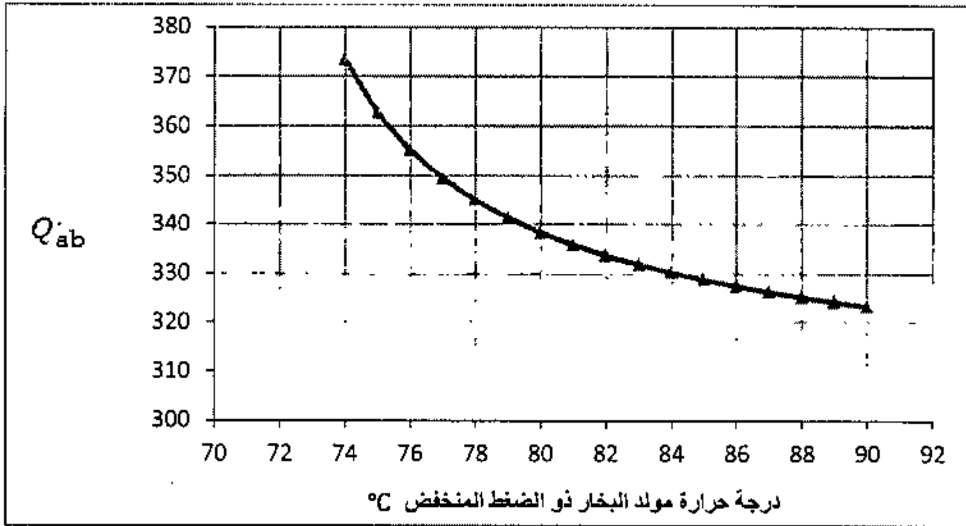
$\zeta_{HEh} = 0.7; Q^{\cdot}_{ev} = 300\ kW)$



الشكل (5-59) العلاقة بين درجة حرارة المولّد ذي الضغط المرتفع و كمية الحرارة المطروحة في الماصّ مع ثبات درجة حرارة المبخر

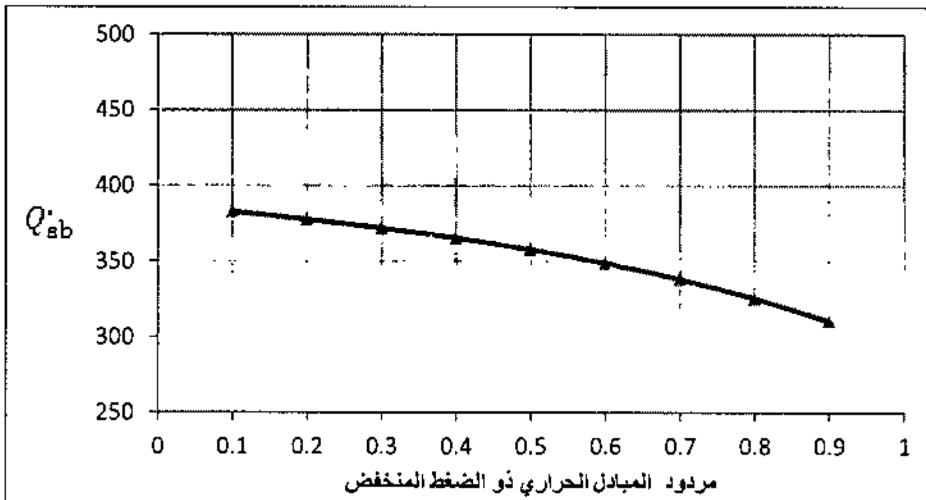
$(Q^{\cdot}_{ev} = 300\ kW; t_{ab} = t_{con} = 35°C;\ t_{gl} = 80°C;\ t_{ev} = 5°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7; m = 1)$

يبين الشكل(5-60) العلاقة بين كمية الحرارة المطروحة من الماصّ ودرجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المنخفض وتظهر النتائج وجود تناقص في كمية الحرارة المطروحة من الماصّ مع تزايد درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المنخفض. كما يظهر الشكل(5-61) العلاقة بين كمية الحرارة المطروحة من الماصّ ومردود المبادل الحراري ذو الضغط المنخفض ويلاحظ تناقص كمية الحرارة المطروحة بازدياد مردود المبادل الحراري ذو الضغط المنخفض.



الشكل (5-60) العلاقة بين درجة حرارة المولّد ذي الضغط المنخفض و كمية الحرارة المطروحة في الماصّ مع ثبات درجة حرارة المبخر

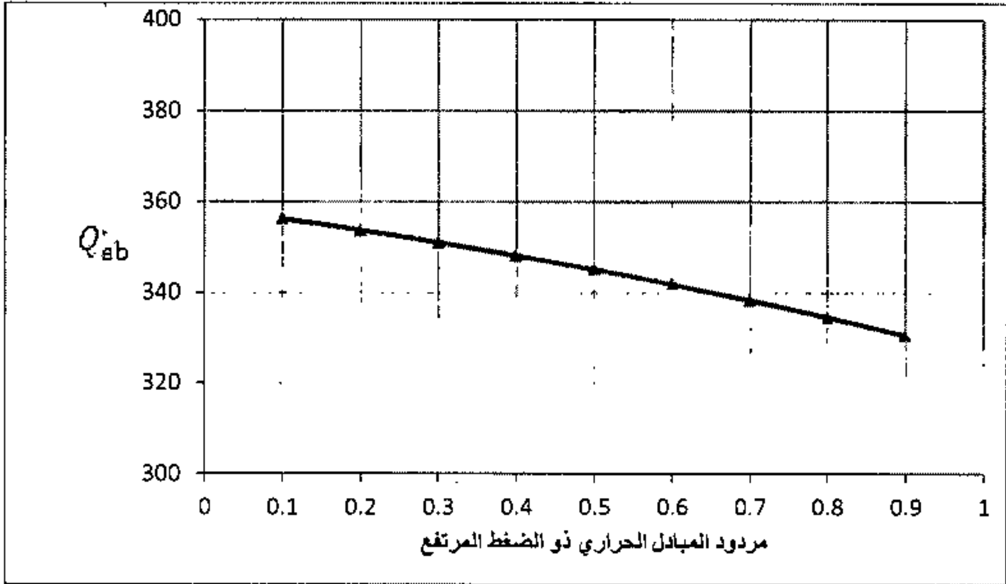
$(Q_{ev} = 300\ kW; t_{ab} = t_{con} = 35°C;\ t_{gh} = 130°C;\ t_{ev} = 5°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7; m = 1)$



الشكل (5-61) العلاقة بين مردود المبادل الحراري ذي الضغط المنخفض وكمية الحرارة المطروحة من الماصّ

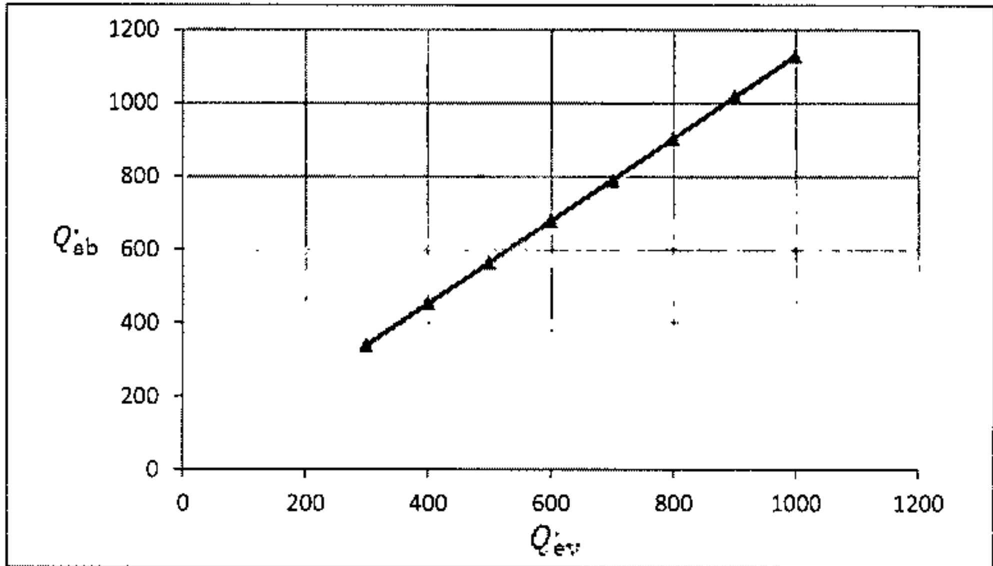
$(Q_{ev} = 300\ kW;\ t_{ab} = t_{con} = 35°C;\ t_{gh} = 130°C;\ t_{ev} = 5°C;\ \zeta_{HEh} = 0.7; t_{gl} = 80; m = 1)$

يظهر الشكل(5-62) العلاقة بين مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع وكمية الحرارة المطروحة من الماصّ ويلاحظ تناقص كمية الحرارة المطروحة من الماصّ إلى الوسط الخارجي بتزايد مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع. كما يظهر الشكل(5-63) العلاقة بين استطاعة التبريد وكمية الحرارة المطروحة من الماصّ إلى الوسط الخارجي وتظهر النتائج تزايد كمية الحرارة المطروحة من الماصّ إلى الوسط الخارجي بازدياد استطاعة التبريد.



الشكل (5-62) العلاقة بين مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع و معامل الأداء للدارة

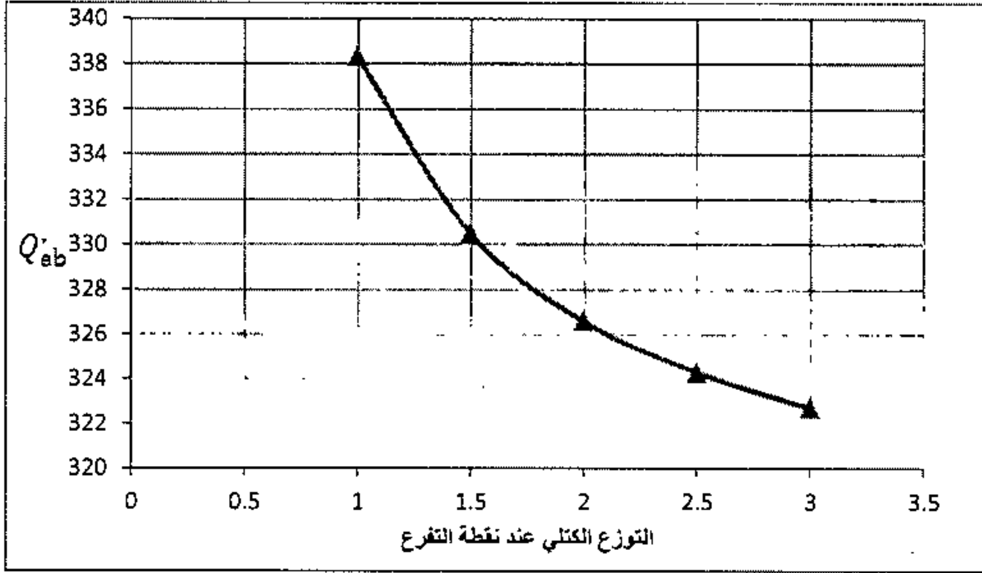
$(Q_{ev} = 300\ kW;\ t_{ab} = t_{con} = 35°C;\ t_{gh} = 130°C;\ t_{ev} = 5°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7; t_{gl} = 80; m = 1)$



الشكل (5-63) العلاقة بين استطاعة التبريد و كمية الحرارة المطروحة في الماصّ

$(t_{ab} = t_{con} = 35°C; t_{gl} = 80°C; t_{gh} = 130°C; t_{ev} = 5°C;\ \zeta_{HEl} = \zeta_{HEh} = 0.7; m = 1)$

يبين الشكل(5-64) تغير كمية الحرارة المطروحة من الماصّ بتغير نسبة التوزع الكتلي عند نقطة التفرع لدارة التبريد الامتصاصية ذات الجريانات المتوازية ويلاحظ وجود تناقص في كمية الحرارة المطروحة من الماصّ بتزايد نسبة التوزع الكتلي عند نقطة التفرع.



الشكل (5-64) العلاقة بين نسبة التوزع الكتلي وكمية الحرارة المطروحة من الماصّ

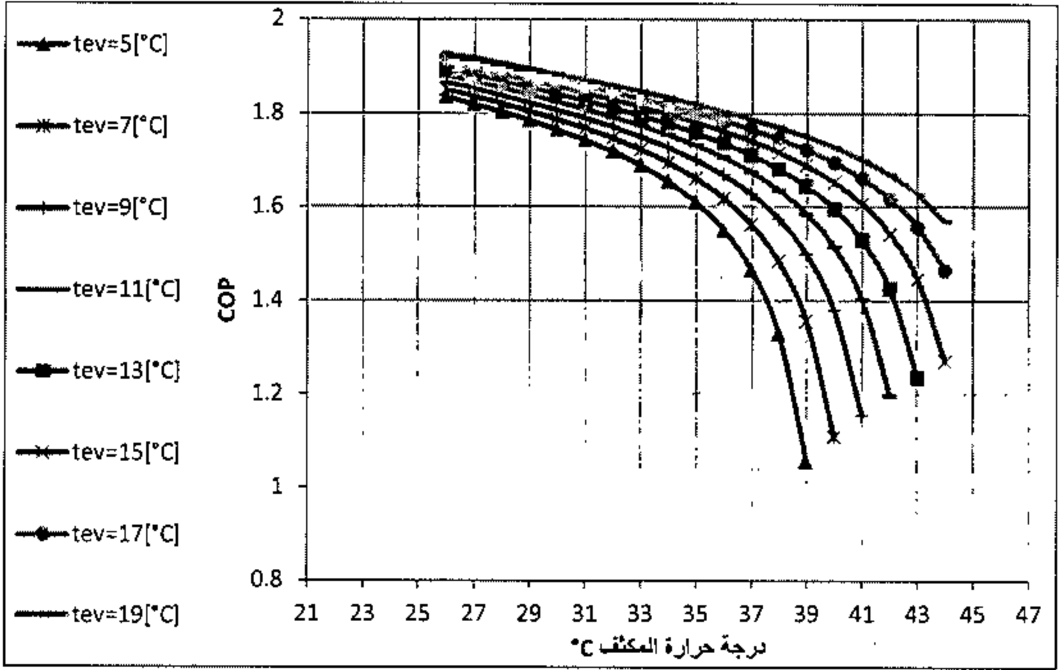
$(t_{ab} = t_{con} = 35°C;\ t_{gh} = 130°C;\ t_{ev} = 5°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7; t_{gl} = 80;$

$Q_{ev} = 300\ kW)$

قد تمّ كخطوة لاحقة تغيير بارامترين من البارامترات معاً ودراسة أثر هذا التغير في معامل الأداء لدارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة ذات الجريانات المتوازية.

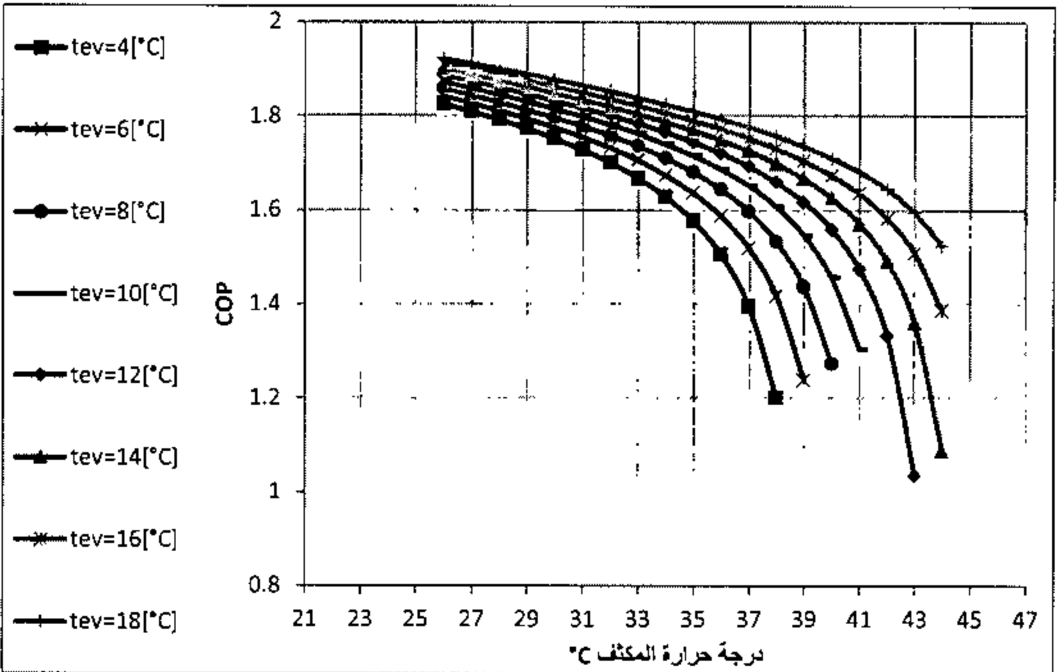
لدى دراسة العلاقة بين معامل أداء دارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة ذات الجريانات المتوازية ودرجة حرارة المكثّف التي تمّ اختيارها مساوية لدرجة حرارة الماصّ ومن أجل قيم درجات حرارة مختلفة للمبخر ودرجة حرارة ثابتة لمولّد البخار ذي الضغط المرتفع مساوية ل $t_{gh} = 120°C$ ، حيث تبيّن أن معامل الأداء يتناقص بازدياد درجة حرارة المكثّف من أجل قيم درجات حرارة مختلفة للمبخر والشكلان (5-65) و (5- 66) يظهران هذه النتائج.

يظهر الشكل (5-67) والشكل (5-68) العلاقة بين معامل الأداء ودرجة حرارة المكثّف عند درجات حرارة مختلفة للمبخر ولكن عند درجة حرارة لمولّد البخار ذي الضغط المرتفع $t_{gh} = 130°C$ ونلاحظ أننا حصلنا على نتيجة مشابهة للنتيجة السابقة.



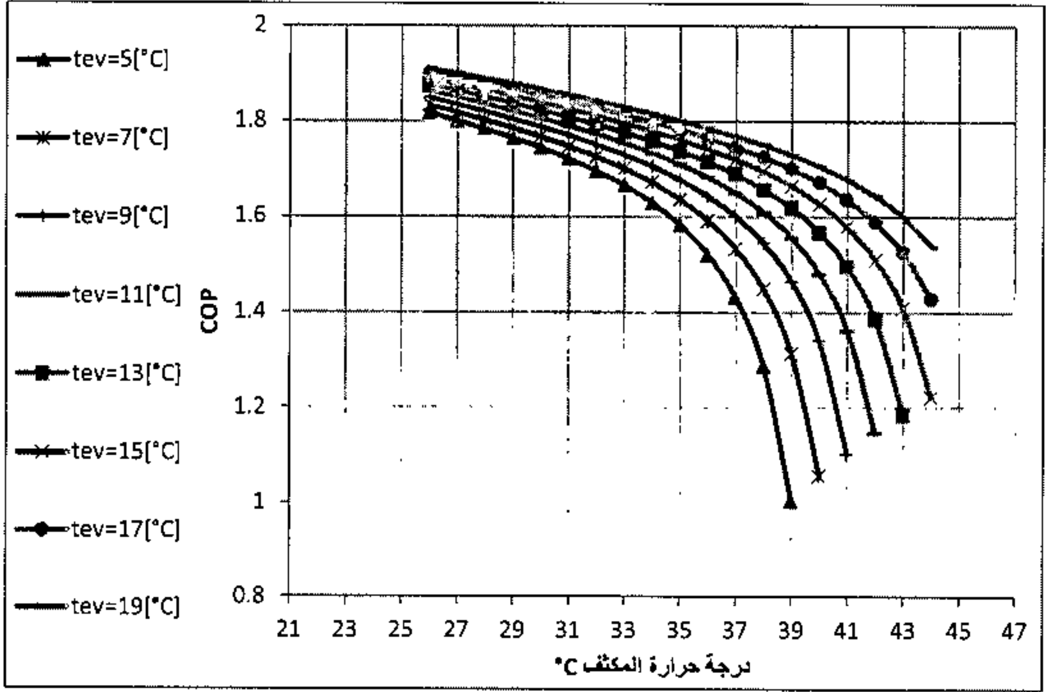
الشكل (5−65):العلاقة بين درجة حرارة المكثّف ومعامل الأداء للدارة عند درجات الحرارة الفردية للمبخر

$(Q_{ev} = 300\text{kW}; t_{ab} = t_{con};\ t_{gl} = 80°\text{C};\ t_{gh} = 120°\text{C};\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7; m = 1)$



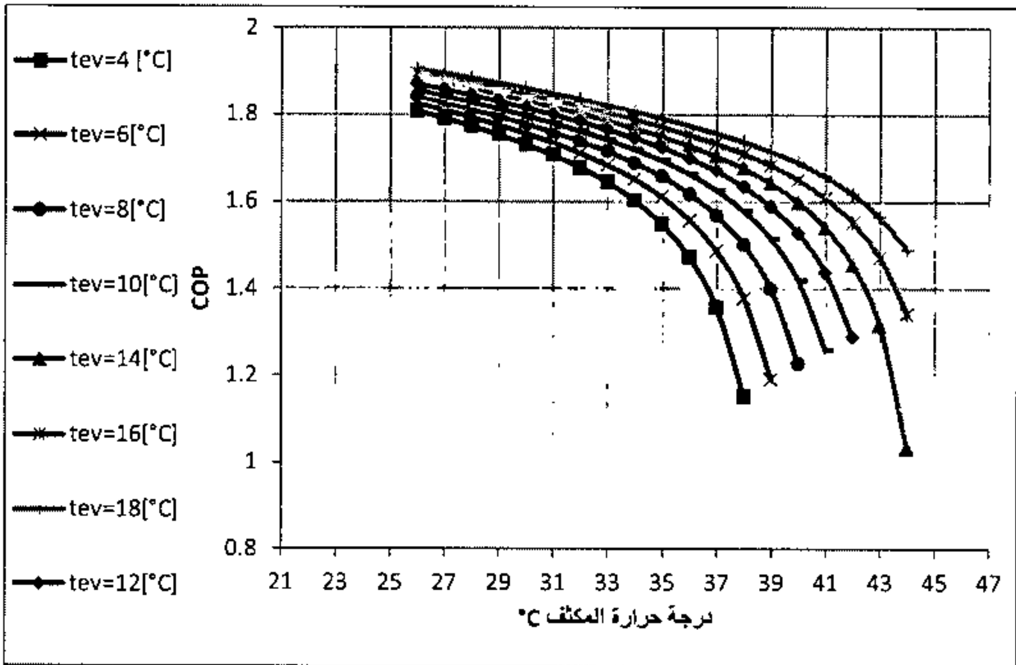
الشكل (5−66): العلاقة بين درجة حرارة المكثّف ومعامل الأداء للدارة عند درجات الحرارة الزوجية للمبخر

$(Q_{ev} = 300\text{kW}; t_{ab} = t_{con};\ t_{gl} = 80°\text{C};\ t_{gh} = 120°\text{C};\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7; m = 1)$



الشكل (5-67) العلاقة بين درجة حرارة المكثّف ومعامل الأداء للدارة عند درجات الحرارة الفردية للمبخر

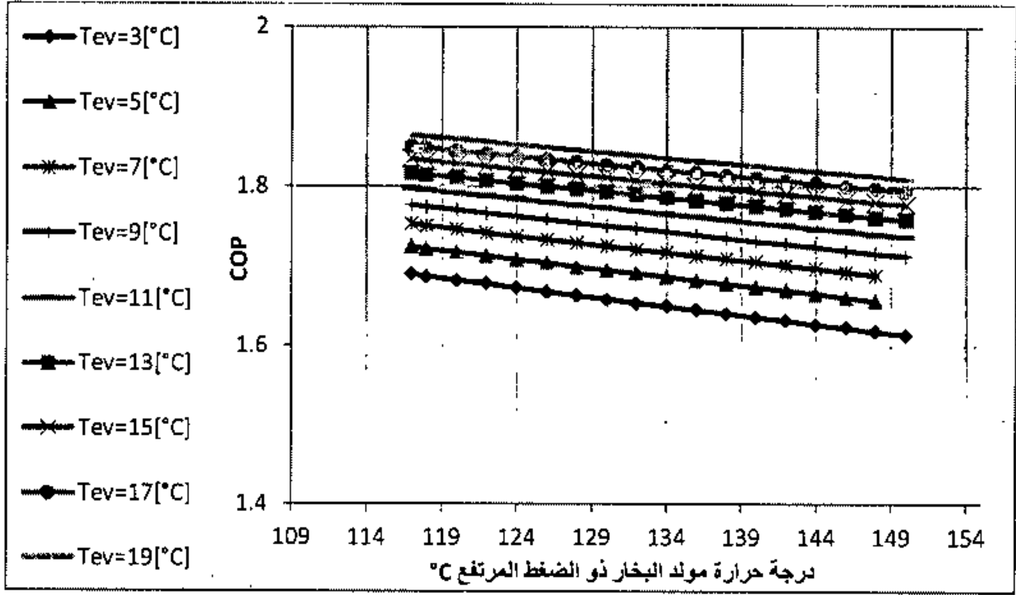
$(Q_{ev} = 300\ kW; t_{ab} = t_{con}; t_{gl} = 80°C; t_{gh} = 130°C; \zeta_{HEl} = 0.7; \zeta_{HEh} = 0.7; m = 1)$



الشكل (5-68):العلاقة بين درجة حرارة المكثّف ومعامل الأداء للدارة عند درجات الحرارة الزوجية للمبخر

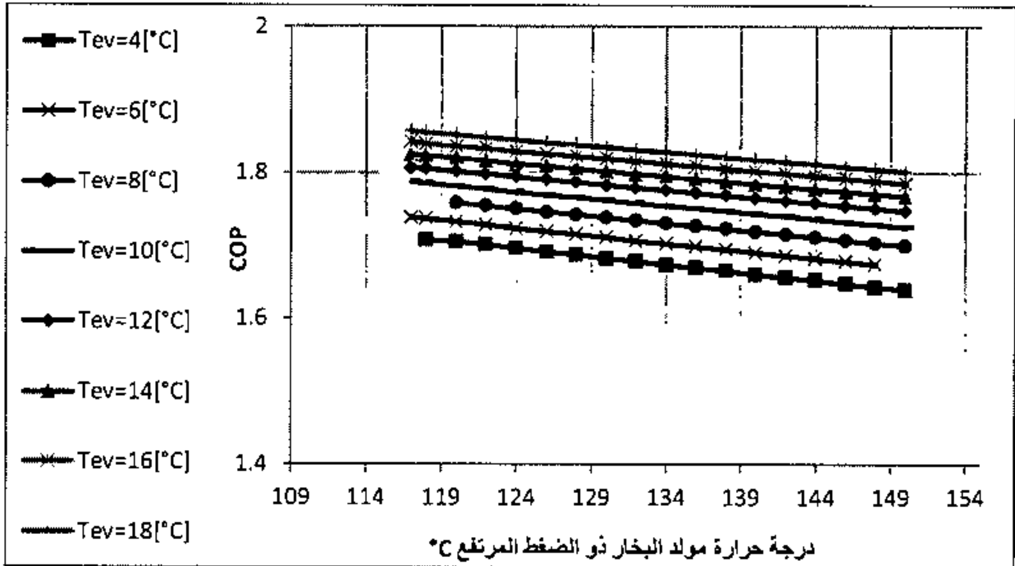
$(Q_{ev} = 300kW; t_{ab} = t_{con}; t_{gl} = 80°C; t_{gh} = 130°C; \zeta_{HEl} = 0.7; \zeta_{HEh} = 0.7; m = 1)$

قد تمّ فيما يأتي دراسة العلاقة بين درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المرتفع ومعامل أداء دارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة ذات الجريانات المتوازية عند درجات حرارة مختلفة للمبخر حيث يوضّح الشكل (5-69) والشكل (5-70) هذه العلاقة عند درجة حرارة للمكثّف $t_{con} = 32°C$



الشكل (5-69) العلاقة بين درجة حرارة المولّد ذي الضغط المرتفع ومعامل الأداء للدارة عند درجات الحرارة الفردية للمبخر

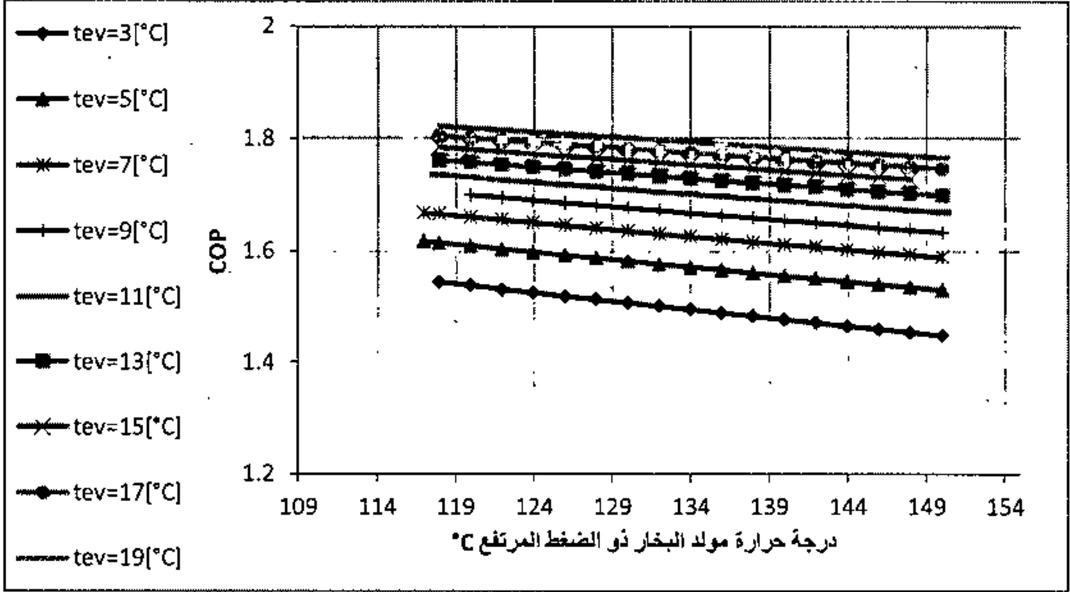
$$(t_{ab} = t_{con} = 32°C;\ t_{gl} = 80°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7;\ Q_{ev} = 300\ kW;\ m = 1)$$



الشكل (5-70) العلاقة بين درجة حرارة المولّد ذي الضغط المرتفع ومعامل الأداء للدارة عند درجات الحرارة الزوجية للمبخر

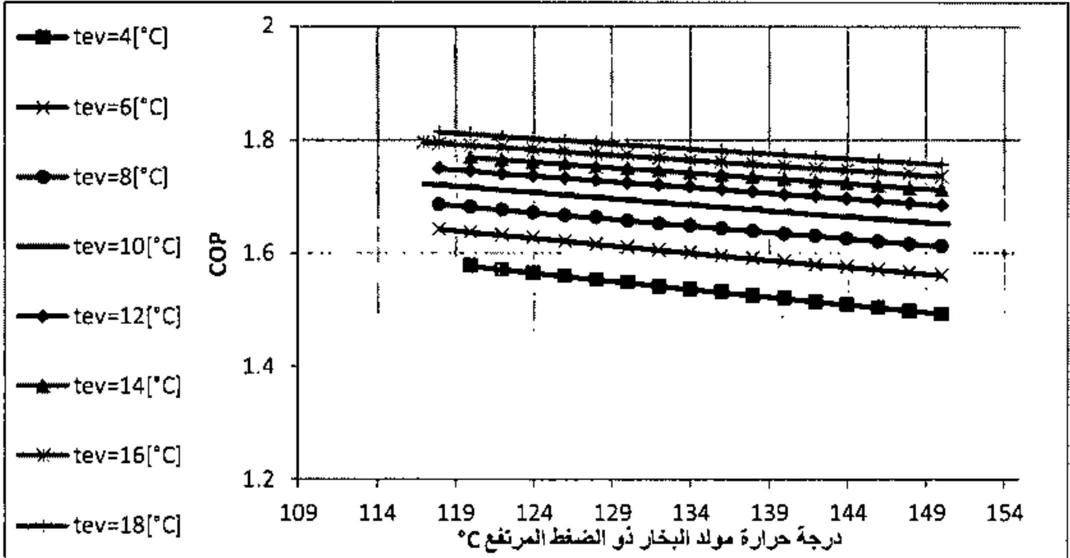
$$(t_{ab} = t_{con} = 32°C;\ t_{gl} = 80°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7;\ Q_{ev} = 300\ kW;\ m = 1)$$

وكذلك الأمر بالنسبة للشكل (5-71) والشكل (5-72) عند درجة حرارة للمكثّف $t_{con} = 35°C$ وتظهر الأشكال تناقص معامل الأداء للدارة بتزايد درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المرتفع عن درجات الحرارة المختلفة للمبخر .



الشكل (5-71) العلاقة بين درجة حرارة المؤد ذي الضغط المرتفع و معامل الأداء للدارة عند درجات الحرارة الفردية للمبخر

$(t_{ab} = t_{con} = 35°C;\ t_{gl} = 80°C; \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7; Q_{ev} = 300\ kW; m = 1)$



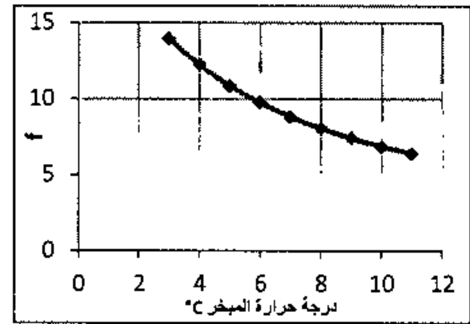
الشكل (5-72) العلاقة بين درجة حرارة المولّد ذي الضغط المرتفع و معامل الأداء للدارة عند درجات الحرارة الزوجية للمبخر

$(t_{ab} = t_{con} = 35°C;\ t_{gl} = 80°C; \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7; Q_{ev} = 300\ kW; m = 1)$

- <u>دراسة تأثير بارامترات العمل للدارة في معامل التدوير f</u>

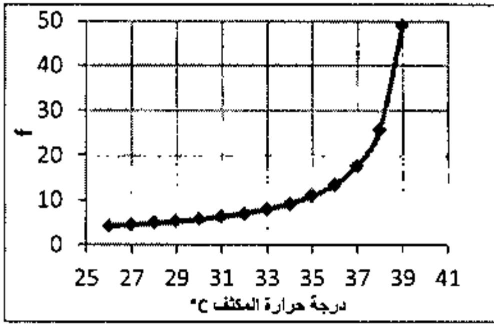
لقد تمّت دراسة تغيّر معامل التدوير لدارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة ذات الجريانات المتوازية بتغيّر البارامترات المختلفة للدارة.

يظهر الشكل(5-73) تغير معامل التدوير بتغير درجة حرارة المبخر للدارة ويلاحظ تناقص معامل التدوير بتزايد درجة حرارة المبخر بينما يظهر الشكل (5-74) تغير معامل التدوير للدارة بتغير درجة حرارة المكثف ويلاحظ تزايد معامل التدوير بتزايد درجة حرارة المكثف. ويظهر الشكل (5-75) تغير معامل التدوير بتغير درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المنخفض ويلاحظ تناقص معامل الأداء بتزايد درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المنخفض. كما يظهر الشكل(5-76) تغير معامل التدوير بشكل طفيف جداً بتغير درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المرتفع حيث يلاحظ تناقص معامل التدوير بتزايد درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المرتفع.



الشكل (5-73): العلاقة بين درجة حرارة المبخر ومعامل التدوير للدارة ذات الجريانات المتوازية

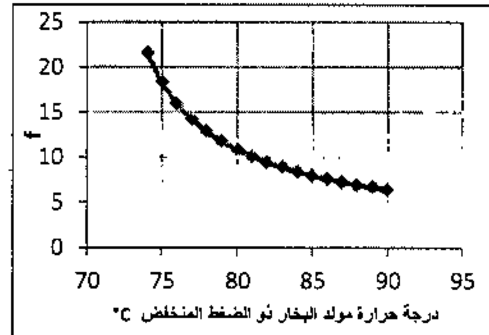
($\dot{Q}_{ev}$=300 kW; m=1; $t_{con} = t_{ab} = 35°C$; $t_{gl} = 80°C$; $\zeta_{HEl} = 0.7$; $\zeta_{HEh} = 0.7$; $t_{gh} = 130°C$)



الشكل (5-74): العلاقة بين درجة حرارة المكثّف ومعامل التدوير

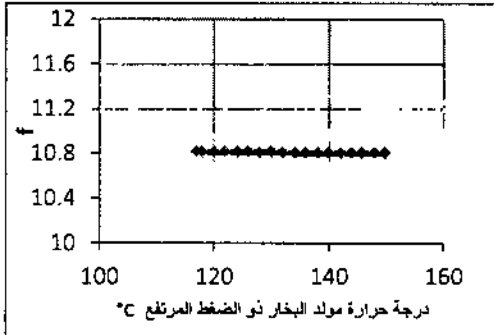
($m = 1$; $t_{ab} = t_{con}$; $t_{gl} = 80°C$; $t_{gh} = 130°C$; $t_{ev} = 5°C$; $\zeta_{HEl} = 0.7$; $\zeta_{HEh} = 0.7$

$\dot{Q}_{ev} = 300$ kW)



الشكل (5-75):العلاقة بين درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المنخفض ومعامل التدوير

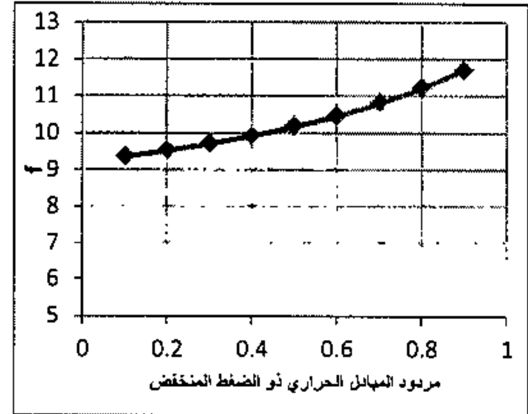
($t_{ab} = t_{con} = 35°C$; $t_{gh} = 130°C$; $t_{ev} = 5°C$; $\zeta_{HEl} = 0.7$; $\zeta_{HEh} = 0.7$; $\dot{Q}_{ev} = 300$ kW; $m = 1$)



الشكل (5-76):العلاقة بين درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المرتفع ومعامل التدوير للدارة

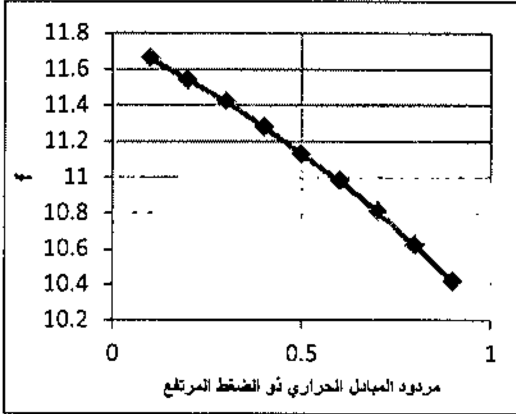
($m = 1$; $t_{ab} = t_{con} = 35°C$; $t_{gl} = 80°C$; $t_{ev} = 5°C$; $\zeta_{HEl} = 0.7$; $\zeta_{HEh} = 0.7$; $\dot{Q}_{ev} = 300$kW)

يظهر الشكل(5-77) العلاقة بين معامل التدوير ومردود المبادل الحراري ذي الضغط المنخفض ويلاحظ تزايد معامل التدوير بتزايد مردود المبادل الحراري ذي الضغط المنخفض. كما يظهر الشكل (5-78) العلاقة بين معامل التدوير ومردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع ويلاحظ تناقص معامل التدوير بتزايد مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع.



الشكل (5-77):العلاقة بين مردود المبادل الحراري ذي الضغط المنخفض ومعامل التدوير

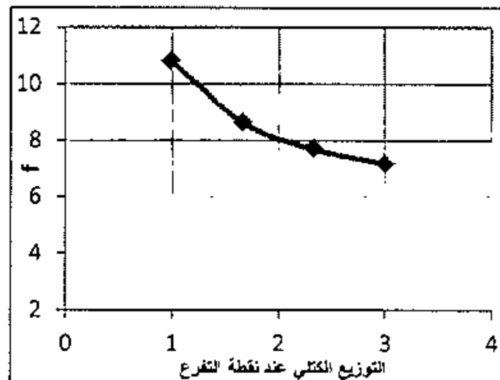
$(m = 1; t_{ab} = t_{con} = 35°C;\ t_{gl} = 80°C;\ t_{ev} = 5°C;\ t_{gh} = 130°C;\ \zeta_{HEh} = 0.7;\ Q_{ev} = 300\ kW)$



الشكل (5-78):العلاقة بين مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع ومعامل التدوير للدارة

$(m = 1; t_{ab} = t_{con} = 35°C;\ t_{gl} = 80°C;\ t_{ev} = 5°C;\ t_{gh} = 130°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7; Q_{ev} = 300\ kW)$

ويظهر الشكل (5-79) العلاقة بين معامل التدوير ونسبة التوزع الكتلي عند نقطة التفرع ويلاحظ تناقص معامل التدوير بتزايد نسبة التوزع الكتلي عند نقطة التفرع لدارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة التفرعية كما لوحظ أن معامل التدوير لا يرتبط باستطاعة التبريد.



الشكل (5-79):العلاقة بين مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع ومعامل التدوير للدارة

$(t_{ab} = t_{con} = 35°C;\ t_{gl} = 80°C;\ t_{ev} = 5°C;\ t_{gh} = 130°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7; \zeta_{HEh} = 0.7;\ Q_{ev} = 300kW)$

5-6 دارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة مع ضاغط بين المرحلتين

تمتاز هذه الدارة - كما ذكرنا سابقاً - بوجود ضاغط بين المرحلتين وتعمل عند درجات حرارة منخفضة للمولّد حيث تكون درجات الحرارة مساوية لكلا المولدين، ويعرض الجدول (5-6) النتائج الخاصة بحساب دارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة مع ضاغط بين المرحلتين المبينة بالشكل (1-6) وفقاً لبرنامج EES.

جدول (5-6): بارامترات نقاط العمل لدارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة مع ضاغط بين المرحلتين

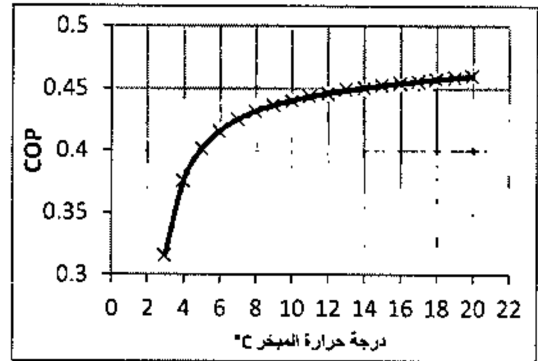
State Point	T°C	P kPa	X_{libr} %	$\dot{m}$ kg/s	h kJ/kg
1	50	6.717	41.94	0.4823	105.1
1'	50	6.717	41.94	0.4823	105.1
1"		12.34	41.94	0.4823	174
2		12.34	0	0.1304	2591
3	90	12.34	57.48	0.3518	203.5
3'			57.48	0.3518	109.1
3"		6.717	57.48	0.3518	109.1
4	50	12.34	0	0.1304	209.3
4'		0.8726	0	0.1304	209.3
4"	5	0.8726	0	0.1304	2510
5	35	5.627	0	0.1304	2564
6	38.24	6.717	0	0.1304	2570
7	50	0.8726	63.28	4.783	153.2
7'	50	0.8726	63.28	4.783	153.2
7"		5.627	63.28	4.783	210.9
8	90	5.627	65.05	4.653	235.6
8'			65.05	4.653	176.3
8"		0.8726	65.05	4.653	176.3

يلاحظ وجود بعض الحقول الفارغة في الجدول وذلك لعدم إمكانية حسابها بدقة باستخدام برنامج EES وذلك وفقاً لقاعدة بيانات البرنامج وكذلك كونها ليست قيماً أساسية وضرورية للدراسة.

يمثل الجدول (5-6) النتائج عند شروط العمل المحددة بالجدول (3-2) وقد أعطت الدارة معامل أداء عند هذه الشروط COP= 0.4009 ومعامل تدوير f=40.38 وكمية الحرارة المقدّمة لمولّد البخار ذي الضغط المرتفع $\dot{Q}_{gh}$=325.6 kW ولمولّد البخار ذي الضغط المنخفض $\dot{Q}_{gl}$ =422 kW وكمية الحرارة المطروحة من الماصّ إلى الوسط الخارجي $\dot{Q}_{ab}$=414.8 kW ولعمل هذه الدارة لابدّ من صرف استطاعة لإدارة الضاغط $\dot{W}_{comp}$= 0.7607 kW واستطاعة التبريد $\dot{Q}_{ev}$ = 300 kW وبتغيير شروط

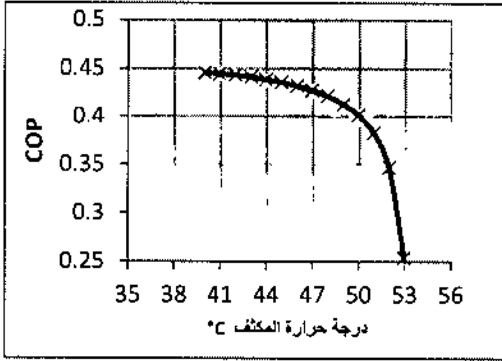
العمل السابقة ضمن مجال معيّن ودراسة تغيّر معامل الأداء نستطيع الحصول على صورة واضحة عن سلوك الدارة ضمن المجال المذكور سابقاً وقد تمّ إنجاز ذلك باستخدام برنامج EES أيضاً وفيما يأتي النتائج التي حصلنا عليها بهذه الطريقة.

يظهر الشكل(5-80) تغير معامل الأداء بتغير درجة حرارة المبخر وأظهرت النتائج تزايد معامل الأداء للدارة بتزايد درجة حرارة المبخر. كما ويظهر الشكل(5-81) تغير معامل الأداء بتغير درجة حرارة المكثف وأظهرت النتائج تناقص معامل الأداء للدارة بتزايد درجة حرارة المكثف.



الشكل (5-80):العلاقة بين درجة حرارة المبخر ومعامل أداء الدارة

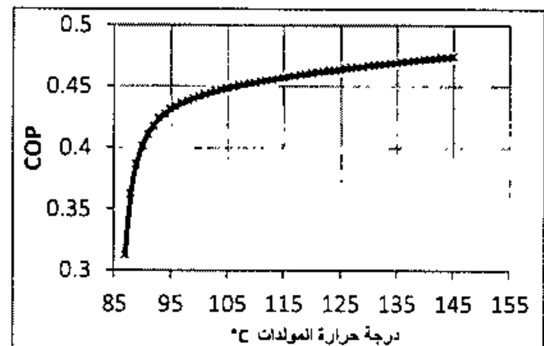
($t_{con} = t_{ab} = 50; °C; t_{gl} = t_{gh} = 90°C; \zeta_{HEl} = 0.7; \zeta_{HEh} = 0.7; Q_{ev} = 300\ kW$)



الشكل (5-81):العلاقة بين درجة حرارة المكثف ومعامل أداء الدارة

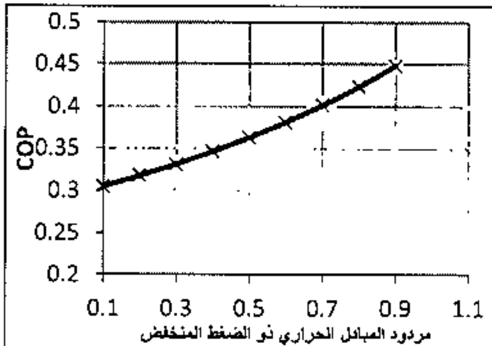
($t_{ab} = t_{con}; t_{gl} = t_{gh} = 90°C; t_{ev} = 5°C; \zeta_{HEl} = 0.7; \zeta_{HEh} = 0.7; Q_{ev} = 300\ kW$)

يبين الشكل (5-82) تغير معامل الأداء بتغير درجة حرارة مولّدات البخار وأظهرت النتائج تزايد معامل الأداء للدارة بازدياد درجة حرارة المولّدات إذ إنّ درجة مولّد البخار ذي الضغط المرتفع مساوية لدرجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المنخفض. كما يبين الشكل (5-83) تغير معامل الأداء بتغير مردود المبادل الحراري ذو الضغط المنخفض ويلاحظ تزايد معامل الأداء للدارة بتزايد مردود المبادل الحراري ذي الضغط المنخفض.



الشكل (5-82) العلاقة بين درجة حرارة المولّدات و معامل الأداء للدارة

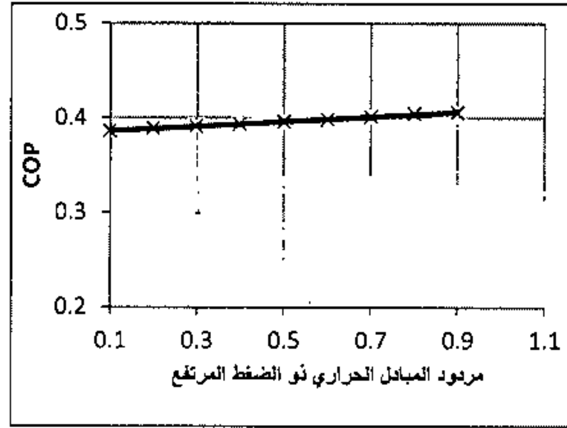
($t_{ab} = t_{con} = 50°C; t_{gl} = t_{gh}; t_{ev} = 5°C; \zeta_{HEl} = 0.7; \zeta_{HEh} = 0.7; Q_{ev} = 300\ kW$)



الشكل (5-83) العلاقة بين مردود المبادل الحراري ذي الضغط المنخفض ومعامل الأداء للدارة

($t_{ab} = t_{con} = 50°C; t_{gh} = t_{gl} = 90°C; t_{ev} = 5°C; \zeta_{HEh} = 0.7; Q_{ev} = 300\ kW$)

يبين الشكل(5–84) تغير معامل الأداء بتغير مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع ويلاحظ تزايد معامل الأداء للدارة بتزايد مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع.

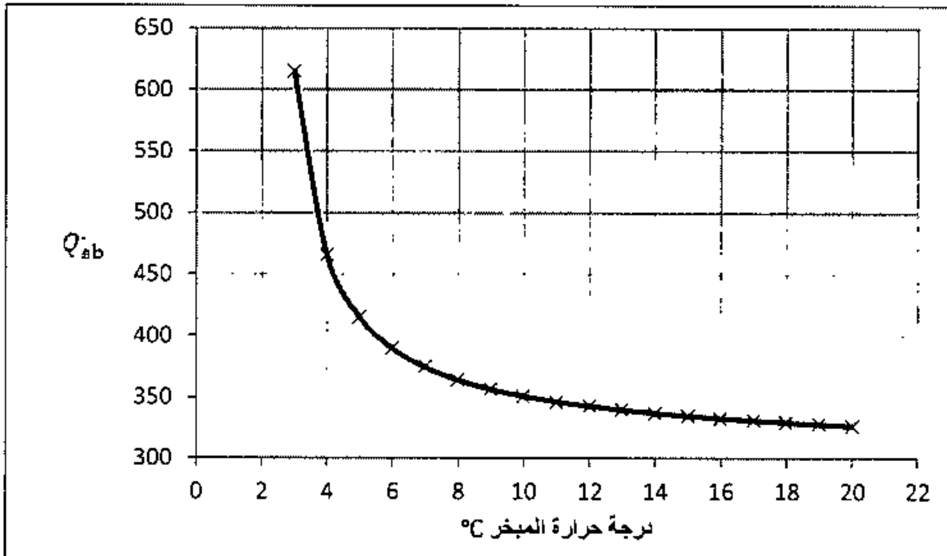


الشكل (5–84) العلاقة بين مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع و معامل الأداء للدارة

$(t_{ab} = t_{con} = 50°C;\ t_{gh} = t_{gh} = 90°C;\ t_{ev} = 5°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ Q_{ev} = 300\ kW)$

تمّت دراسة تأثير هذه البارامترات على كمية الحرارة المطروحة من الماصّ إلى الوسط الخارجي، وفيما يلي النتائج التي تمّ التوصل إليها في هذه الدراسة وذلك بالنسبة لدارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة ذات ضاغط بين المرحلتين .

يظهر الشكل (5–85) العلاقة بين درجة حرارة المبخر وكمية الحرارة المطروحة من الماصّ إلى الوسط الخارجي ونلاحظ تناقص كمية الحرارة المطروحة مع تزايد درجة حرارة المبخر.

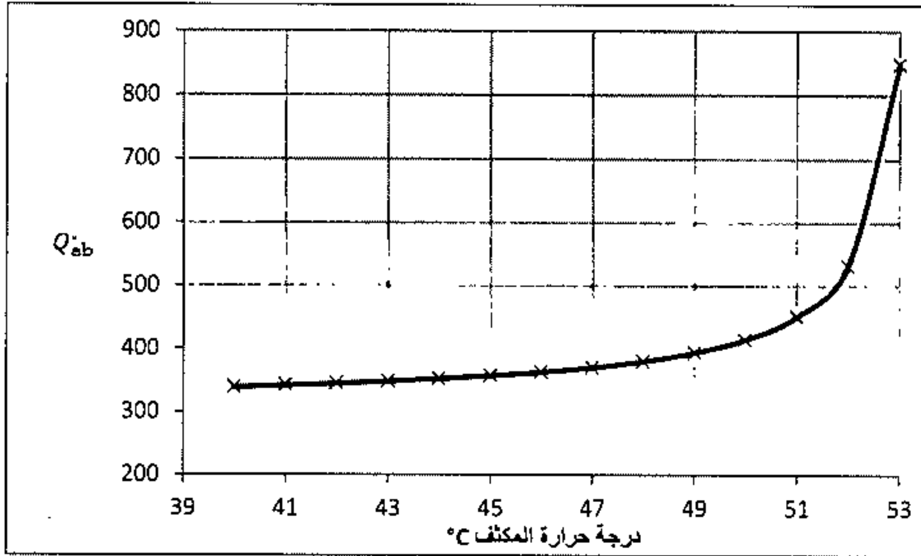


الشكل (5–85): العلاقة بين درجة حرارة المبخر وكمية الحرارة المطروحة في الماصّ

$(Q_{ev} = 300\ kW;\ t_{con} = t_{ab} = 50°C;\ t_{gl} = t_{gh} = 90°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7)$

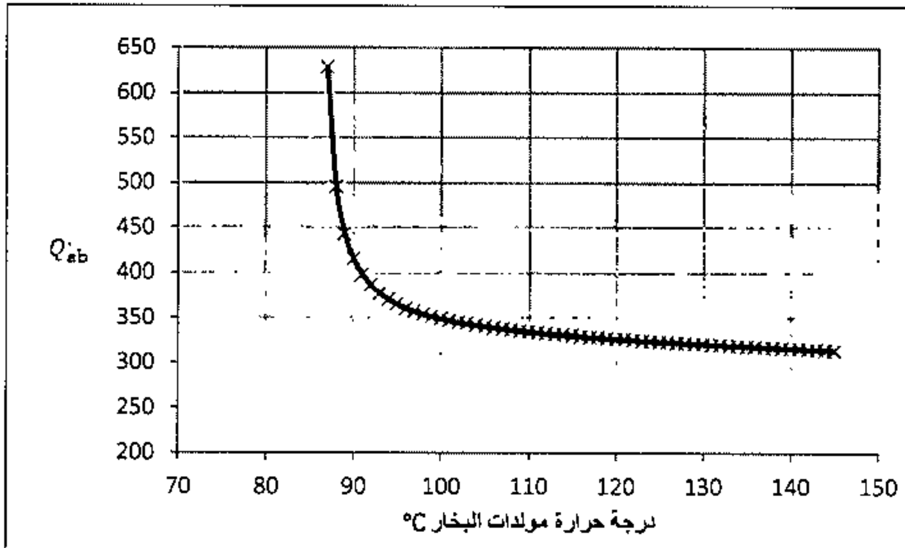
بينما يظهر الشكل (5-86) العلاقة بين درجة حرارة المكثف وكمية الحرارة المطروحة من الماصّ ويلاحظ ازدياد كمية الحرارة المطروحة من الماصّ إلى الوسط الخارجي بازدياد درجة حرارة المكثف .

يبين الشكل(5-87) العلاقة بين كمية الحرارة المطروحة من الماصّ ودرجة حرارة مولّدات البخار وتظهر النتائج وجود تناقص لكمية الحرارة المطروحة مع تزايد درجة حرارة مولّدات البخار.



الشكل(5-86):العلاقة بين درجة حرارة المكثّف وكمية الحرارة المطروحة في الماصّ

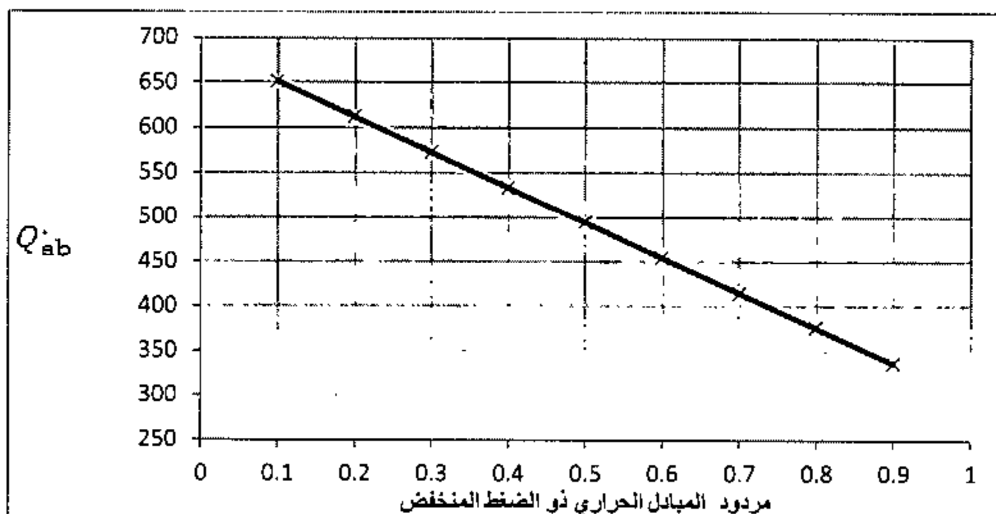
$(t_{ab} = t_{con};\ t_{gl} = t_{gh} = 90°C;\ t_{ev} = 5°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7;\ \dot{Q}_{ev} = 300\ kW)$



الشكل (5-87) العلاقة بين درجة حرارة مولّدات البخار و كمية الحرارة المطروحة في الماصّ مع ثبات درجة حرارة المبخر

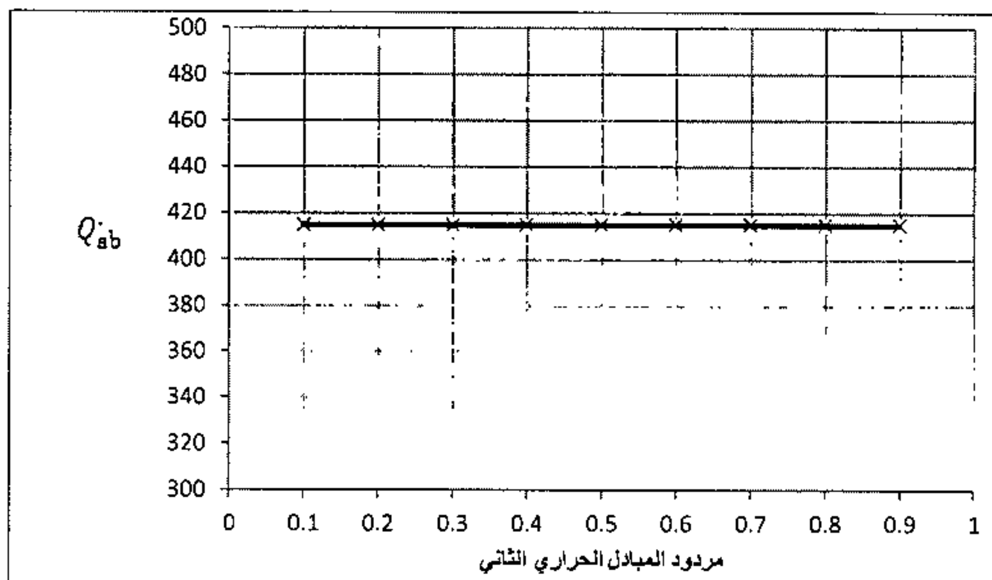
$(\dot{Q}_{ev} = 300\ kW;\ t_{ab} = t_{con} = 50°C;\ t_{gl} = t_{gh};\ t_{ev} = 5°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7)$

يظهر الشكل (5-88) العلاقة بين كمية الحرارة المطروحة من الماصّ ومردود المبادل الحراري ذي الضغط المنخفض ويلاحظ تناقص كمية الحرارة المطروحة بازدياد مردود المبادل الحراري ذي الضغط المنخفض. كما يظهر الشكل (5-89) العلاقة بين مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع وكمية الحرارة المطروحة من الماصّ ويلاحظ أن كمية الحرارة المطروحة من الماصّ لا تتعلق بمردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع.



الشكل (5-88) العلاقة بين مردود المبادل الحراري ذي الضغط المنخفض وكمية الحرارة المطروحة من الماصّ

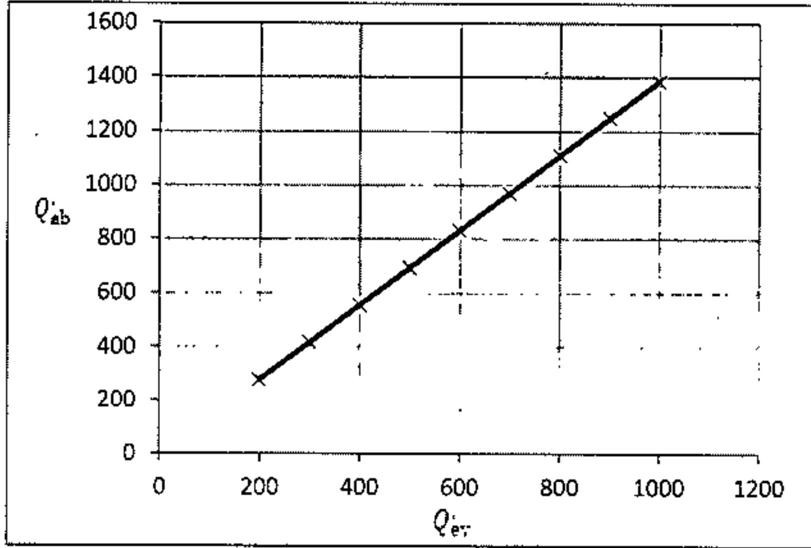
$(\dot{Q}_{ev} = 300\ \mathbf{kW};\ t_{ab} = t_{con} = 50°C;\ t_{gl} = t_{gh} = 90°C;\ t_{ev} = 5°C;\ \zeta_{HEh} = 0.7)$



الشكل (5-89) العلاقة بين مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع وكمية الحرارة المطروحة من الماصّ

$(\dot{Q}_{ev} = 300\ \mathbf{kW};\ t_{ab} = t_{con} = 50°C;\ t_{gh} = t_{gl} = 90°C;\ t_{ev} = 5°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7)$

يدل الشكل (5-90) على العلاقة بين استطاعة التبريد لدارة التبريد وكمية الحرارة المطروحة من الماصّ إلى الوسط الخارجي وتظهر النتائج على تزايد كمية الحرارة المطروحة بتزايد استطاعة التبريد للدارة.

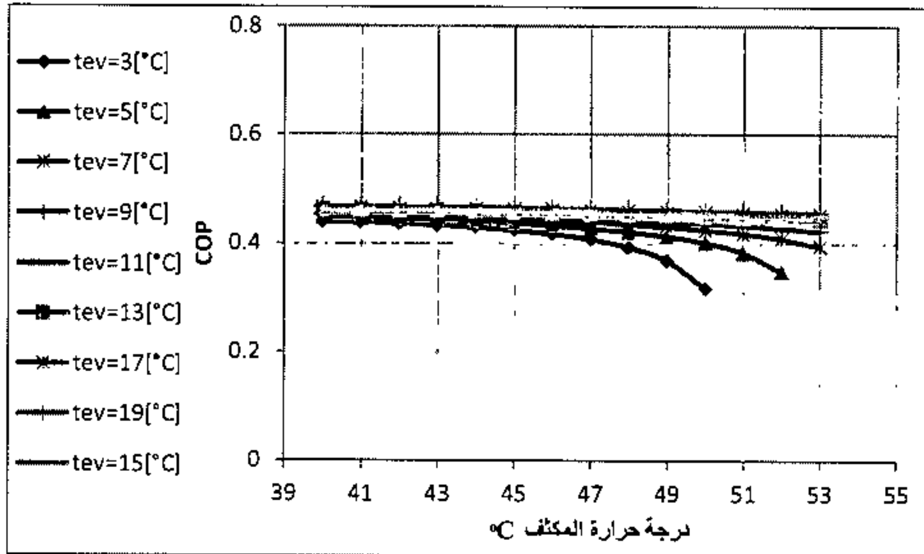


الشكل (5-90) العلاقة بين استطاعة التبريد وكمية الحرارة المطروحة في الماصّ

$(t_{ab} = t_{con} = 50°C; t_{gl} = t_{gh} = 90°C; t_{ev} = 5°C; \zeta_{HEl} = \zeta_{HEh} = 0.7)$

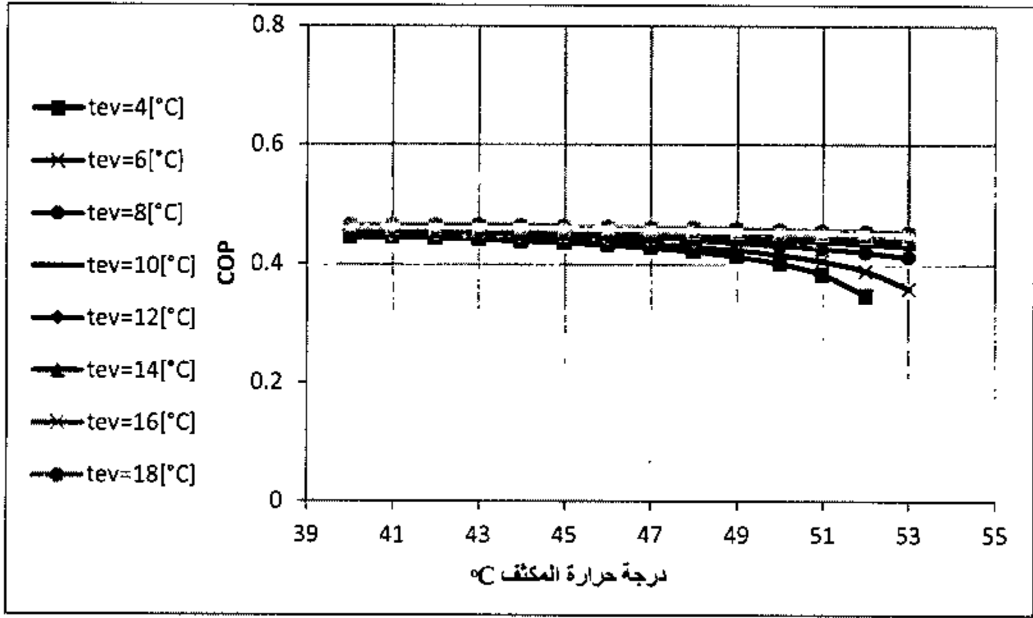
الخطوة الآتية هي تغيير بارامترين من بارامترات الدارة معاً ودراسة أثر هذا التغير في معامل الأداء للدارة

يظهر الشكل (5-91) والشكل (5-92) تغيّر معامل أداء الدارة مع تزايد درجة حرارة المكثّف وذلك عند مختلف درجات الحرارة للمبخر من أجل $t_{gh} = t_{gl} = 90\ °C$.



الشكل(5-91):العلاقة بين درجة حرارة المكثّف ومعامل الأداء للدارة عند درجات الحرارة الفردية للمبخر

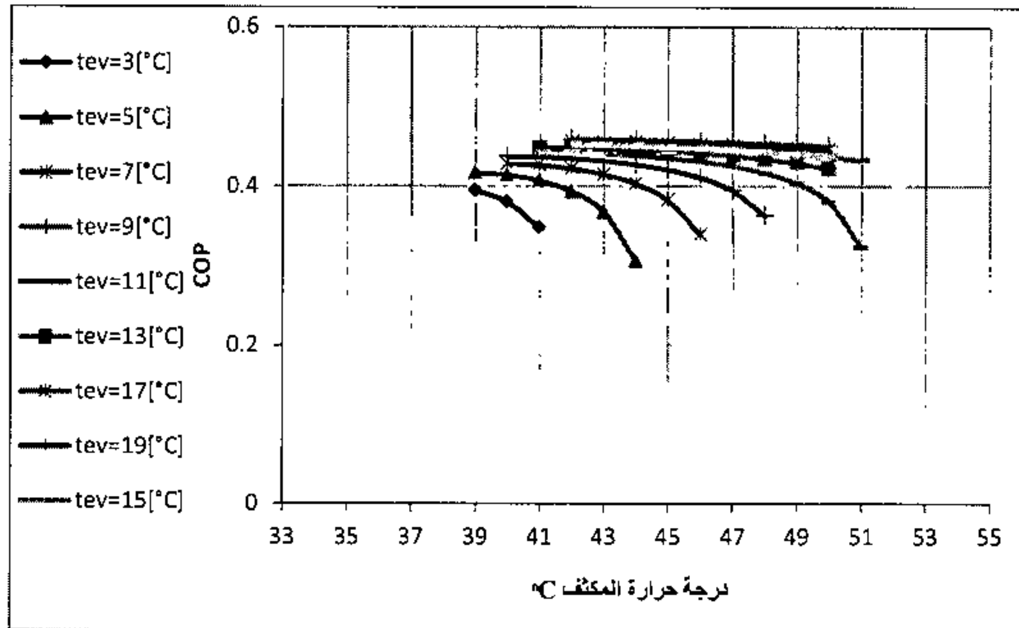
$(Q_{ev} = 300\ kW; t_{ab} = t_{con}; t_{gl} = t_{gh} = 90°C; \zeta_{HEl} = 0.7; \zeta_{HEh} = 0.7)$



الشكل (5-92): العلاقة بين درجة حرارة المكثّف ومعامل الأداء للدارة عند درجات الحرارة الزوجية للمبخر

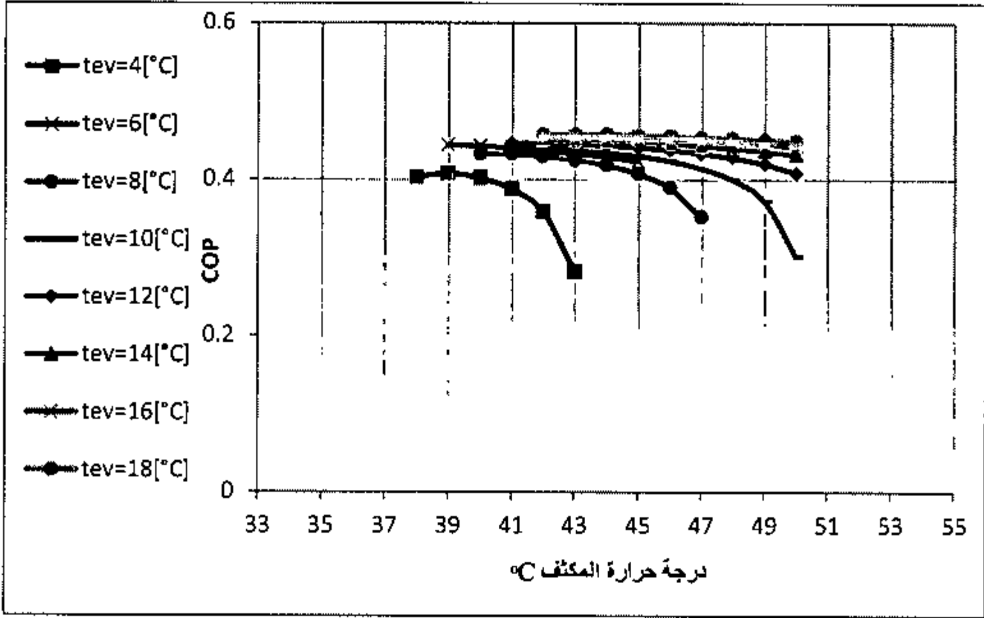
$(Q_{ev} = 300\ kW; t_{ab} = t_{con};\ t_{gl} = t_{gh} = 90°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7)$

أما الشكل (5-93) والشكل (5-94) يظهران تغيّر معامل أداء الدارة مع تغيّر درجة حرارة المبخر والمكثّف من أجل درجة حرارة للمولّدات $t_{gh} = t_{gl} = 80\ °C$.



الشكل(5-93):العلاقة بين درجة حرارة المكثّف ومعامل الأداء للدارة عند درجات الحرارة الفردية للمبخر

$(Q_{ev} = 300\ kW; t_{ab} = t_{con};\ t_{gl} = t_{gh} = 80°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7)$

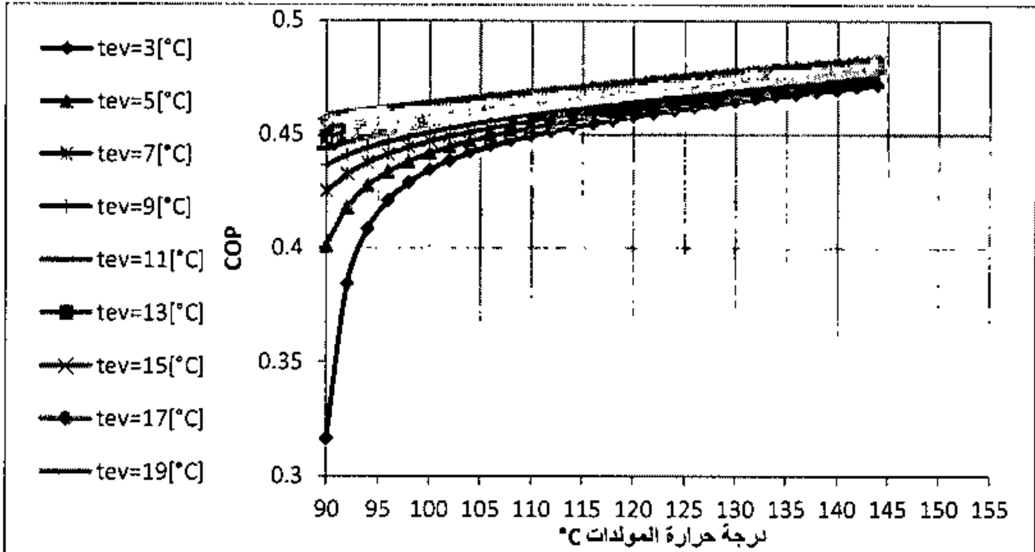


الشكل (5-94): العلاقة بين درجة حرارة المكثّف ومعامل الأداء للدارة عند درجات الحرارة الزوجية للمبخر

$(Q_{ev} = 300\ kW; t_{ab} = t_{con}; t_{gl} = t_{gh} = 80°C; \zeta_{HEl} = 0.7; \zeta_{HEh} = 0.7)$

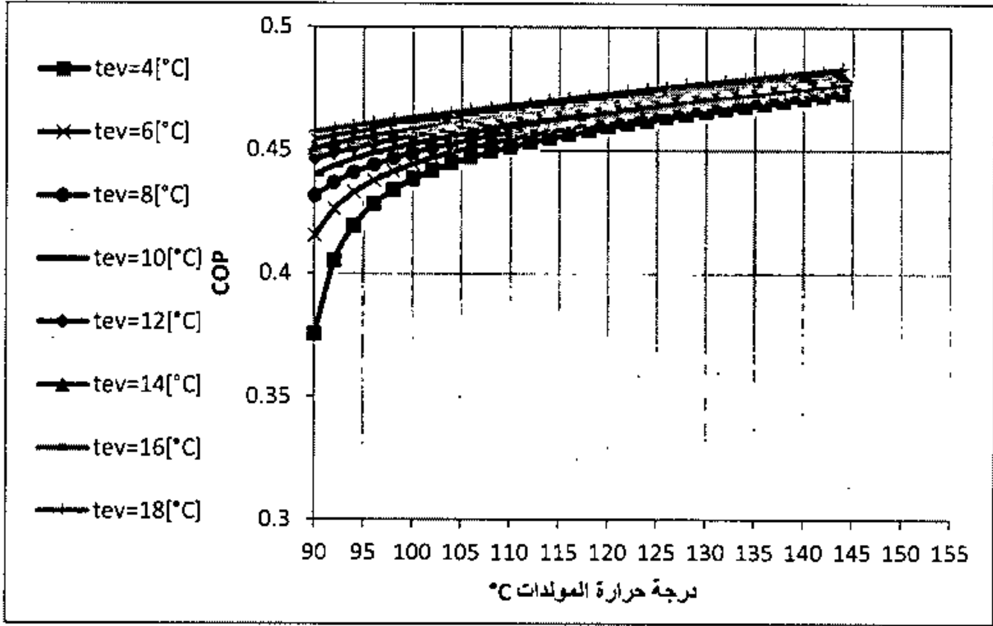
كما تمّت دراسة العلاقة بين درجة حرارة مولّدات البخار ومعامل أداء دارة التبريد.

يوضّح الشكل (5-95) والشكل (5-96) هذه العلاقة عند درجة حرارة $t_{con} = 50\ °C$



الشكل (5-95) العلاقة بين درجة حرارة المولّدات ومعامل الأداء للدارة الثنائية ذات الضاغط بين المرحلتين عند درجات الحرارة الفردية للمبخر

$(t_{ab} = t_{con} = 50°C; \zeta_{HEl} = 0.7; \zeta_{HEh} = 0.7; Q_{ev} = 300\ kW; t_{gl} = t_{gh})$

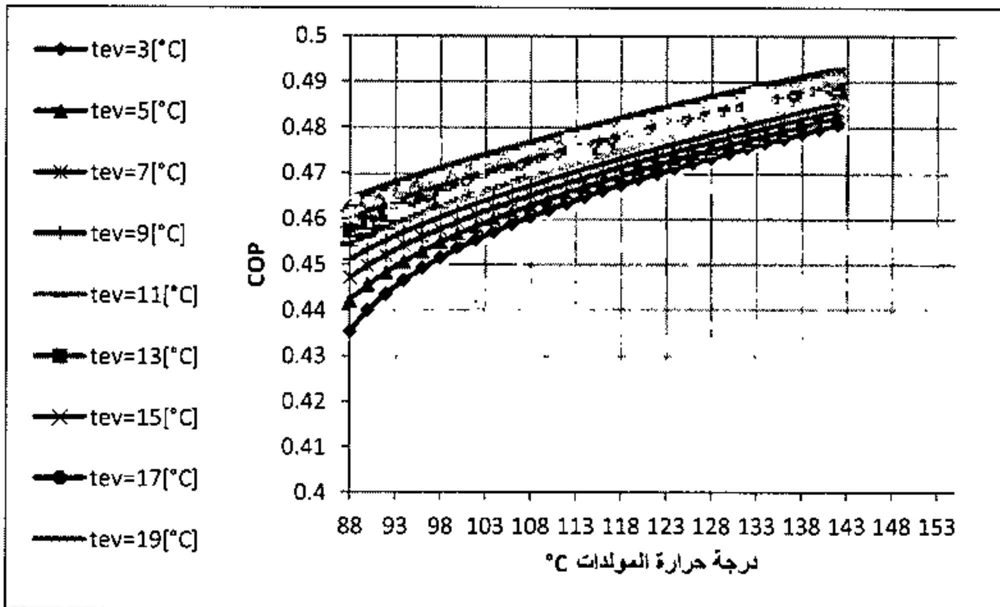


الشكل (5-96) العلاقة بين درجة حرارة المولّدات ومعامل الأداء للدارة الثنائية ذات الضاغط بين المرحلتين

عند درجات الحرارة الزوجية للمبخر

$(t_{ab} = t_{con} = 50°C; \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7; Q_{ev} = 300\ kW; t_{gl} = t_{gh})$

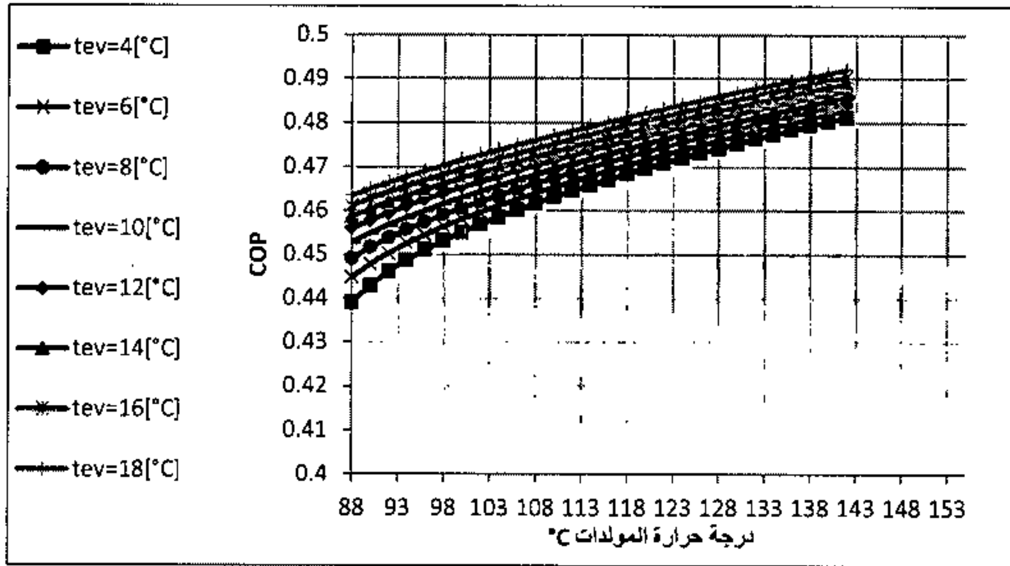
وكذلك الأمر بالنسبة للشكل (5-97) والشكل (5-98) عند درجة حرارة للمكثف $t_{con} = 40\ ^{\circ}C$



الشكل (5-97) العلاقة بين درجة حرارة المولّدات ومعامل الأداء للدارة الثنائية ذات الضاغط بين المرحلتين

عند درجات الحرارة الفردية للمبخر

$(t_{ab} = t_{con} = 40°C; \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7; Q_{ev} = 300\ kW; t_{gl} = t_{gh})$



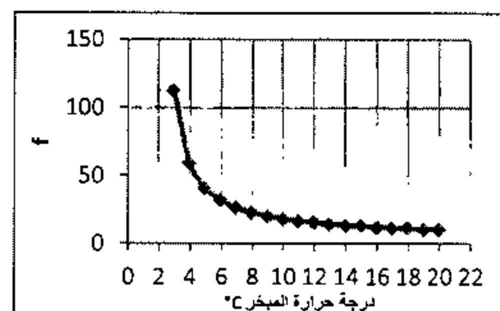
الشكل (5-98) العلاقة بين درجة حرارة المولّدات ومعامل الأداء للدارة الثنائية ذات الضاغط بين المرحلتين عند درجات الحرارة الزوجية للمبخر

$(t_{ab} = t_{con} = 40°C; \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEb} = 0.7; Q_{ev} = 300\ kW; t_{gl} = t_{gh})$

وتظهر الأشكال كافةً تزايد معامل الأداء للدارة بتزايد درجة حرارة مولّدات البخار عند درجات الحرارة المختلفة للمبخر.

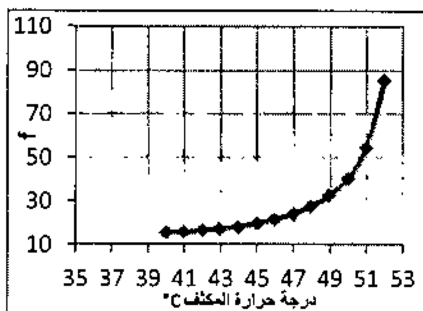
- دراسة تأثير بارامترات العمل للدارة في معامل التدوير f

يظهر الشكل(5-99) تغير معامل التدوير بتغير درجة حرارة المبخر وتظهر النتائج تناقص معامل التدوير بتزايد درجة حرارة المبخر للدارة بينما يظهر الشكل (5-100) تغير معامل التدوير بتغير درجة حرارة المكثف ويلاحظ تزايد معامل التدوير للدارة بتزايد درجة حرارة المكثف.



الشكل (5-99) العلاقة بين درجة حرارة المبخر ومعامل التدوير للدارة

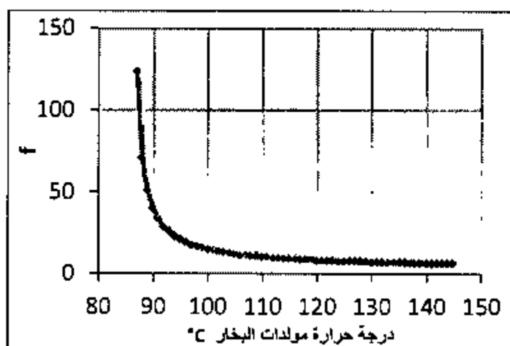
$(t_{con} = t_{ab} = 50°C;\ t_{gl} = t_{gh} = 90°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEb} = 0.7;\ Q_{ev} = 300\ kW)$



الشكل (5-100) العلاقة بين درجة حرارة المكثّف ومعامل التدوير للدارة

$(t_{ab} = t_{con};\ t_{gl} = t_{gh} = 90°C;\ t_{ev} = 5°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEb} = 0.7;\ Q_{ev} = 300\ kW)$

يظهر الشكل(5-101) العلاقة بين معامل التدوير ودرجة حرارة مولّدات البخار وتظهر النتائج تناقص معامل التدوير بتزايد درجة حرارة مولّدات البخار. كما وبينت الدراسة أن معامل التدوير لدارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة مع ضاغط بين المرحلتين لا يتعلق باستطاعة التبريد ولا بمراديد المبادلات الحرارية.



الشكل (5-101): العلاقة بين درجة حرارة مولّدات البخار ومعامل التدويرللدارة

$(t_{ab} = t_{con} = 50°C; t_{ev} = 5°C; \zeta_{HEl} = 0.7; \zeta_{HEh} = 0.7; Q_{ev} = 300\ kW)$

5-7- مقارنة التصاميم

لقد تمّ في البداية اختيار شروط عمل محددة وموحدة للتصاميم المختلفة (باستثناء التصميم الرابع) كما ورد في الفصل الرابع وتمّ القيام بعملية النمذجة الحاسوبية، يبيّن الجدول (5-7) ملخصاً عن النتائج التي تمّ التوصل إليها.

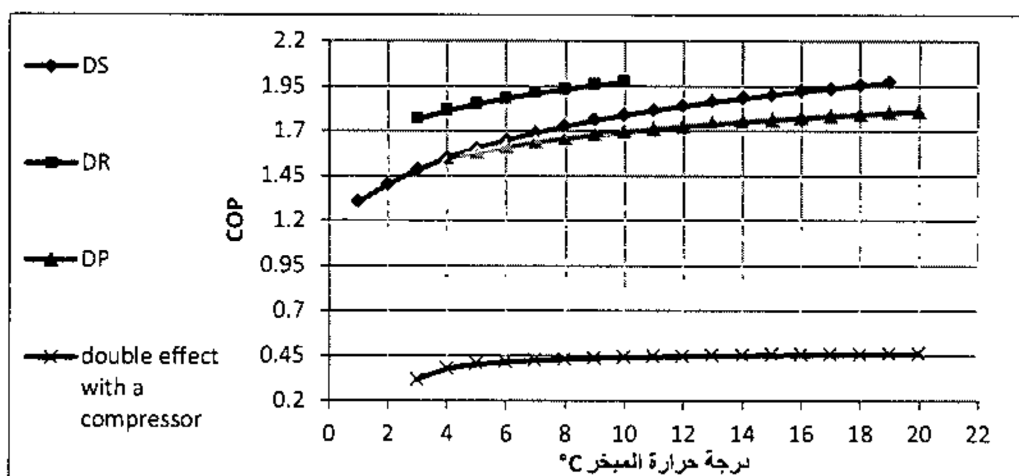
جدول (5-7) معامل الأداء والتدوير وكمية الحرارة المطروحة من الماص والمقدّمة لدارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة بتصاميمها المختلفة

	الدارة الثنائية مع ضاغط	DP الدارة ذات الجريانات المتوازية	DR الدارة العكسية	DS الدارة التسلسلية
Q_G [kW]	747.6	189.7	162.25	187.4
Q_{ab} [kW]	414.8	338.3	323.5	343.8
f	40.38	10.81	6.345	11.9
COP	0.4009	1.582	1.849	1.601

ونتبيّن من الجدول (5-7) أن الدارة العكسية تملك معامل الأداء الأكبر عند الشروط المحددة سابقاً، وبالتالي يعدّ التصميم الأمثل عند هذه الشروط يليها الدارة التسلسلية ومن ثم ذات الجريانات المتوازية وأسوأها الثنائية مع ضاغط بين المرحلتين وكما ذكر سابقاً لا يمكن اعتماد الشروط السابقة نفسها للتصميم الرابع (الدارة الهجينة) وذلك بسبب طبيعة الدارة وترتيبها. إن الميّزة الأساس للتصميم الرابع هو العمل عند درجات حرارة منخفضة نسبياً للمولّدات، وباستثناء هذه الميّزة وبقليل من الملاحظة نجد أنه من الصعب عملياً أن يمتلك التصميم الرابع معامل أداء أكبر من معامل أداء بقية التصاميم، لأن التصميم الرابع يمكن تشبيهه بدارتي تبريد امتصاصيتين أحاديتي المرحلة موصولتين بضاغط، حيث نقدّم كمية من الحرارة لكلا المولدين، ولا تتمّ الاستفادة من كمية الحرارة المطروحة من المكثّف في أحد المولدين، كما هو الحال في بقية التصاميم. وكذلك تحتاج هذه الدارة إلى عمل إضافي لإدارة الضاغط؛ تؤدي هذه العوامل مجتمعة إلى تخفيض معامل الأداء للتصميم الرابع مقارنة ببقية التصاميم، لكن الهدف من الدراسة ليس مقارنة التصاميم عند شروط محددة وحسب، وإنما إجراء هذه المقارنة عند مجال معيّن لشروط العمل وهذا ما قمنا به. وفيما يلي نعرض هذه النتائج مع العلم أننا قمنا بإضافة رقم 4 على البارامترات والرموز الخاصة بالتصميم الرابع لغرض التمييز بينها وبين البارامترات الخاصة ببقية الدارات.

- **تأثير درجة حرارة المبخر**

تم في الفصل الرابع دراسة تأثير درجة حرارة المبخر على معامل الأداء للتصاميم كافة وتمّ الخلوص للنتائج الموضّحة في الشكل (5-102).



الشكل (5-102) العلاقة بين درجة حرارة المبخر ومعامل الأداء لدارة التبريد ثنائية المرحلة بمختلف تصاميمها

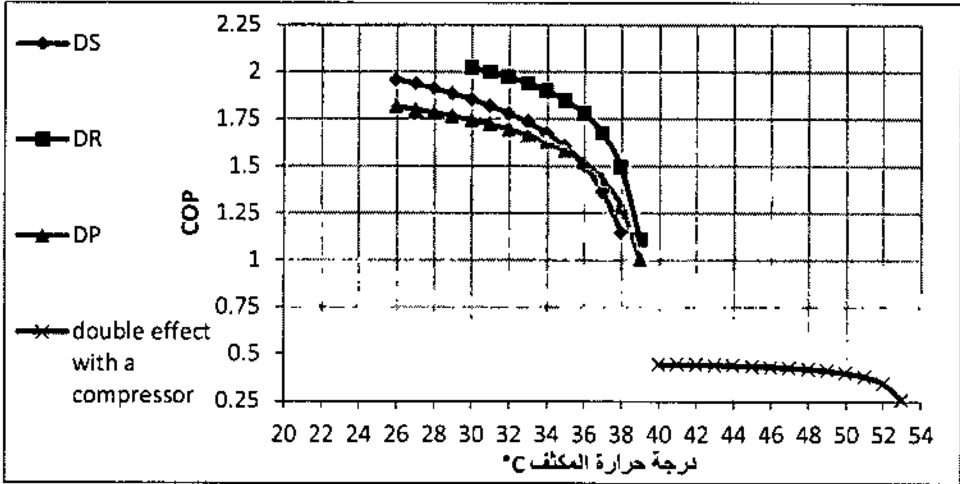
$(t_{con,4} = t_{ab,4} = 50°C;\ t_{gl,4} = t_{gh,4} = 90°C;\ \zeta_{HEl,4} = 0.7;\ \zeta_{HEh,4} = 0.7;\ Q_{ev}$=300 kW

$t_{con} = t_{ab} = 35°C;\ t_{gl} = 80°C;\ t_{gh} = 130°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7; m = 1)$

كما هو واضح من الشكل (5-102) يتبين أنه وبالنسبة لجميع التصاميم يتزايد معامل الأداء مع تزايد درجة حرارة المبخر، ويظهر أيضا أنه ومن أجل كامل مجال تغيّر درجة حرارة المبخر فإنه للدارة العكسية معامل أداء هو الأكبر، يليها الدارة التسلسلية ثم ذات الجريانات المتوازية ومن ثم ذات الضاغط بين المرحلتين، لكن مجال درجات حرارة المبخر بالنسبة للدارة العكسية محدود نسبياً مقارنة ببقية التصاميم وبالتالي يجب أخذ ذلك بالاعتبار عند اختيار التصميم المناسب للعمل وذلك حسب المجال المطلوب لدرجة حرارة المبخر. يلاحظ وجود تزايد في معامل الأداء بالنسبة للدارة العكسية من 1.763 إلى 1.972عند تزايد درجة حرارة المبخر من 3 °C إلى 10 °C. وتزايد معامل الأداء للدارة التسلسلية من 1.3 إلى 1.97 عند تزايد درجة حرارة المبخر من1 °C إلى19 °C. وفي المرتبة الثالثة تأتي دارة التبريد الثنائية ذات الجريانات المتوازية وبتزايد معامل أداء من 1.548 إلى 1.809عند تزايد درجة حرارة المبخر من 4 °C إلى 20 °C. وبالنهاية تأتي الدارة الثنائية ذات الضاغط بين المرحلتين بتزايد معامل أداء من 0.316 إلى 0.46 عند تزايد درجة حرارة المبخر من 3 °C إلى 20 °C.

- **تأثير درجة حرارة المكثّف**

يظهر الشكل (5-103) العلاقة بين معامل الأداء وتغيّر درجة حرارة المكثّف والمساوية لدرجة حرارة الماصّ، ويلاحظ أيضا أنه ومن أجل كامل مجال تغيّر درجة حرارة المكثّف فإن الدارة العكسية تملك معامل الأداء الأكبر، يليها حتى الدرجة 35 °C الدارة التسلسلية ثم ذات الجريانات المتوازية أما وابتداءً من 35 °C وما فوق تحتلّ الدارة ذات الجريانات المتوازية المرتبة الثانية والتسلسلية المرتبة الثالثة من ناحية معامل الأداء كما هو موضّح في الشكل (5-103). بينما تأتي دارة التبريد ذات الضاغط بين المرحلتين في المرتبة الأخيرة بالنسبة لمعامل الأداء. ويلاحظ وجود تناقص في معامل أداء دارة التبريد العكسية من 2.022 إلى 1.108 عند تزايد درجة حرارة المكثف من 30 °C إلى 39 °C. والنتيجة نفسها بالنسبة للدارة التسلسلية بتناقص من 1.958 إلى 1.148 عند تزايد درجة حرارة المكثّف من 26 °C إلى 38 °C. أما للدارة الثنائية ذات الجريانات المتوازية فإنّ تناقص معامل الأداء من 1.817 إلى 1.003 عند تزايد درجة حرارة المكثّف من 26 °C إلى 39 °C. وبالنهاية تأتي الدارة ذات الضاغط بين المرحلتين حيث تناقص معامل الأداء من 0.4454 إلى 0.2534 عند تزايد درجة حرارة المكثّف من 40 °C إلى 53 °C. وكما سبق يمكن ملاحظة أن مجالات العمل تختلف من دارة لأخرى وبالتالي يجب اختيار الدارة المناسبة وفقاً لمجال درجة حرارة المكثّف المطلوبة.

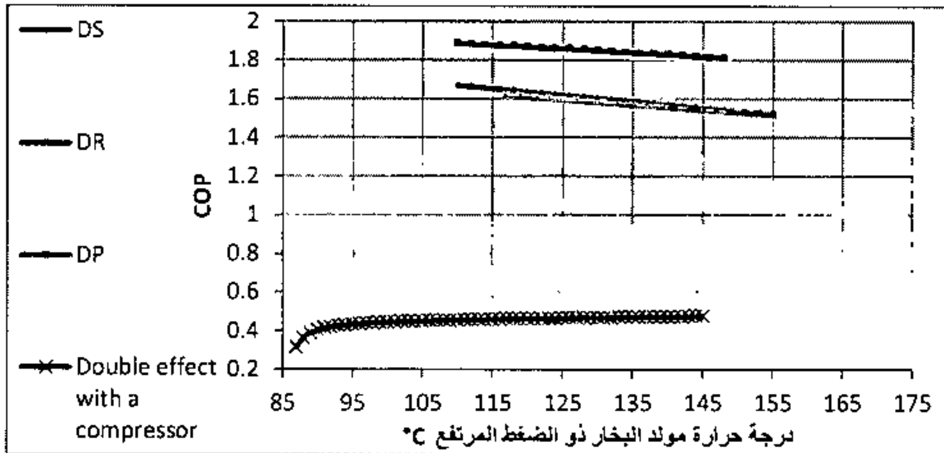


الشكل(5-103) العلاقة بين درجة حرارة المكثّف ومعامل الأداء لدارة التبريد ثنائية المرحلة بمختلف تصاميمها

(m=1; $t_{ab} = t_{con}$; $t_{gl} = 80°C$; $t_{gh} = 130°C$; $t_{ev} = 5°C$; $\zeta_{HEl} = 0.7$; $\zeta_{HEh} = 0.7$; $t_{ab,4} = t_{con,4}$; $t_{gl,4} = t_{gh,4} = 90°C$; $t_{ev,4} = 5°C$; $\zeta_{HEl,4} = 0.7$; $\zeta_{HEh,4} = 0.7$; $Q_{ev} = 300\ kW$)

- **تأثير درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المرتفع**

يظهر الشكل(5-104) تغير معامل الأداء بتغير درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المرتفع لكافة تصاميم دارة التبريد الامتصاصية الثنائية وتبين النتائج تناقص معامل الأداء للدارة التسلسلية والتفرعية ذات الجريانات المتوازية وتزايده بالنسبة للثنائية ذات الضاغط بين المرحلتين مع تزايد درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المرتفع مع العلم أن درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المرتفع بالنسبة للتصميم الأخير مساوية لدرجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المنخفض.



الشكل (5-104) العلاقة بين درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المرتفع ومعامل الأداء لدارة التبريد ثنائية المرحلة بمختلف تصاميمها

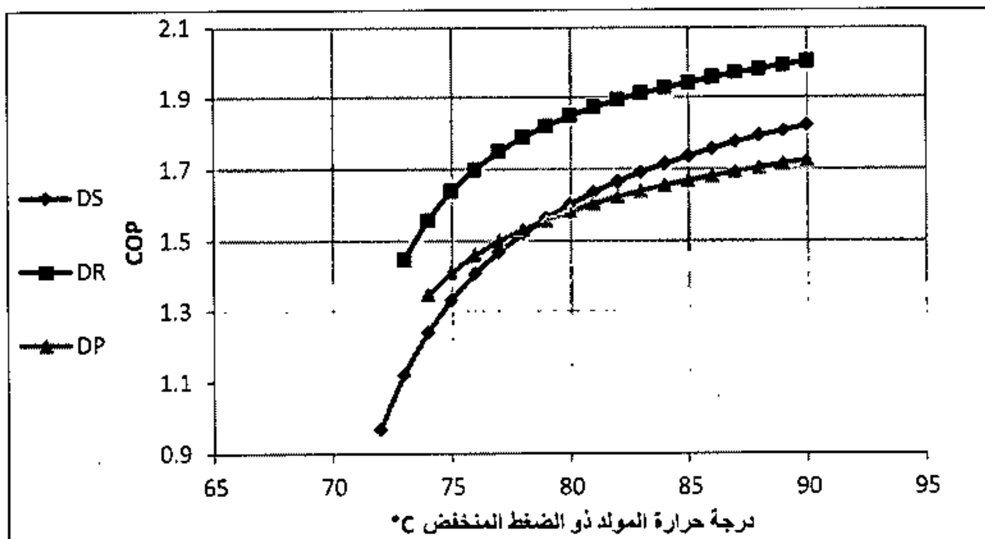
($t_{ab} = t_{con} = 35°C$; $t_{gl} = 80°C$; $t_{ev} = 5°C$; $\zeta_{HEl} = 0.7$; $\zeta_{HEh} = 0.7$; $Q_{ev} = 300\ kW$; $m = 1$; $t_{ab,4} = t_{con,4} = 50°C$; $t_{gl,4} = t_{gh,4}$; $t_{ev,4} = 5°C$; $\zeta_{HE,4} = 0.7$; $\zeta_{HEh,4} = 0.7$)

يمكن الاستنتاج من الشكل السابق أن للدارة العكسية - وبالنسبة لمجالات العمل كافة - معامل الأداء هو الأكبر ويليه معامل أداء الدارة التسلسلية ومن ثم معامل أداء الدارة ذات الجريانات المتوازية، فمعامل أداء دارة التبريد الثنائية ذات الضاغط بين المرحلتين. ويلاحظ وجود تناقص في معامل أداء دارة التبريد العكسية من 1.885 إلى 1.813 عند تزايد درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المرتفع من 110 °C إلى 148 °C. والنتيجة نفسها بالنسبة للدارة التسلسلية يتناقص معامل الأداء من 1.668 إلى 1.543 عند تزايد درجة حرارة المولّد ذي الضغط المرتفع من 110 °C إلى 148 °C. أما للدارة الثنائية ذات الجريانات المتوازية فكان التناقص من 1.617 إلى 1.518 عند تزايد درجة حرارة المكثّف من 110 °C إلى 148 °C. وبالنهاية تأتي الدارة ذات الضاغط بين المرحلتين التي تبدي تزايداً في معامل الأداء من 0.3119 إلى 0.4738 عند تزايد درجة حرارة مولّدات البخار الخاصة بهذا التصميم من 87 °C إلى 145 °C.

وكما هي الحالة بالنسبة للبارامترات السابقة يوجد اختلاف بمجال العمل بالنسبة للتصاميم المختلفة وبالتالي يجب مراعاة ذلك عند اختيار التصميم المطلوب، وذلك وفق درجة حرارة الوسيط المستخدم للتسخين في مولّد البخار ذي الضغط المرتفع.

- **تأثير درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المنخفض**

يبين الشكل (5-105) تغير معامل الأداء بتغير درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المنخفض ويلاحظ وجود تزايد في معامل الأداء للتصاميم كافة مع تزايد درجة حرارة مولد البخار ذي الضغط المنخفض ، ولدارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة العكسية معامل الأداء الأكبر بالنسبة لكامل مجال تغيّر درجات حرارة مولّد البخار ذي الضغط المنخفض. يليه معامل أداء الدارة ذات الجريانات المتوازية. ومن ثم معامل أداء الدارة التسلسلية وذلك من أجل درجات الحرارة الأخفض من 78 °C لمولّد البخار ذي الضغط المنخفض ، بينما يحتلّ معامل أداء الدارة التسلسلية المرتبة الثانية ومعامل أداء الدارة ذات الجريانات المتوازية المرتبة الثالثة من أجل درجات الحرارة الأعلى من 78 °C. يلاحظ وجود تزايد في معامل الأداء بالنسبة للدارة العكسية من 1.445 إلى 2.003عند تزايد درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المنخفض من 73 °C إلى 90 °C. وتزايد معامل الأداء للدارة التسلسلية من 0.9674 إلى 1.823 عند تزايد درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المنخفض من 72 °C إلى 90 °C. وتبدي دارة التبريد الثنائية ذات الجريانات المتوازية تزايداً في معامل الأداء من 1.346 إلى 1.726عند تزايد درجة حرارة المبخر من 74 °C إلى 90 °C.



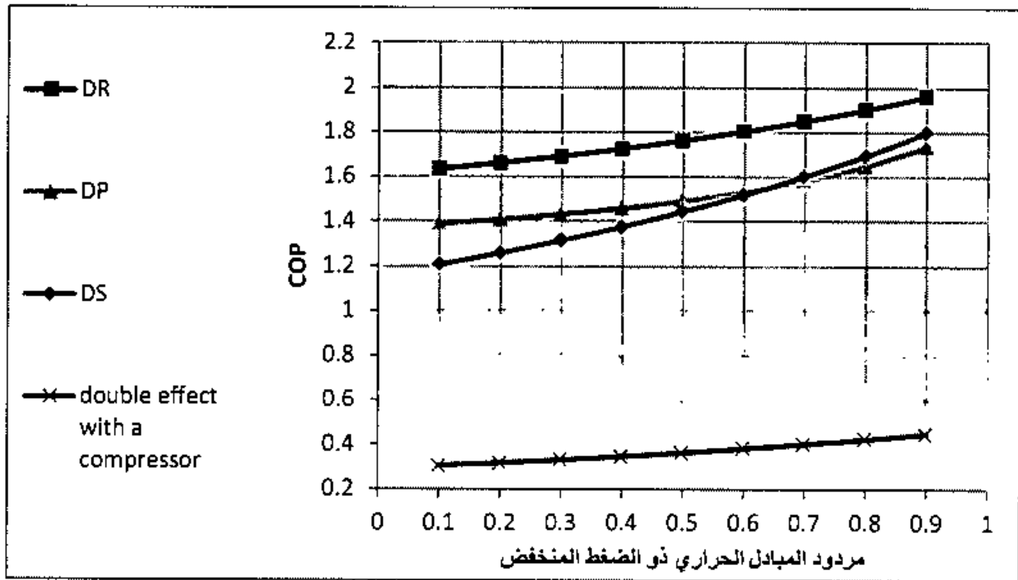
الشكل (5-105) العلاقة بين درجة حرارة المولّد ذي الضغط المنخفض ومعامل الأداء لدارة التبريد ثنائية المرحلة بمختلف تصاميمها

$$(t_{ab} = t_{con} = 35°C; t_{gh} = 130°C;\ t_{ev} = 5°C; \zeta_{HEl} = 0.7;\ \zeta_{HEh} = 0.7; Q_{ev} = 300\ kW; m = 1)$$

تجدر الإشارة هنا إلى أنه يجب اختيار التصميم الأنسب وفق مجال العمل المطلوب.

تأثير مردود المبادل الحراري ذي الضغط المنخفض

يظهر الشكل (5-106) تغير معامل الأداء بتغير مردود المبادل الحراري ذي الضغط المنخفض ويلاحظ تزايد معامل الأداء معامل الأداء للدارات كافة مع تزايد مردود المبادل الحراري ذي الضغط المنخفض، تملك الدارة العكسية معامل الأداء الأكبر وتملك الثنائية ذات الضاغط بين المرحلتين معامل الأداء الأصغر، وذلك بالنسبة لكامل مجال تغيّر مردود المبادل الحراري ذي الضغط المنخفض يلي الدارة العكسية من حيث معامل الأداء الدارة الثنائية ذات الجريانات المتوازية فالتسلسلية وذلك من أجل مردود للمبادل الحراري أصغر من 60%، بينما يحتلّ معامل أداء الدارة التسلسلية المرتبة الثانية ومعامل أداء الدارة الثنائية ذات الضاغط المرتبة الثالثة وذلك بالنسبة للمراديد التي تفوق 60%. يلاحظ تزايداً في معامل أداء دارة التبريد الثنائية العكسية من 1.633 إلى 1.959 وتزايداً في معامل أداء الدارة ذات الجريانات المتوازية من 1.388 إلى 1.735 وكذلك تزايداً في معامل أداء الدارة التسلسلية من 1.204 إلى 1.798 وتزايداً في معامل أداء دارة التبريد ذات الضاغط بين المرحلتين من 0.3046 إلى 0.4481 وذلك عند تزايد مردود المبادل الحراري ذي الضغط المنخفض من 10 % إلى 90%.

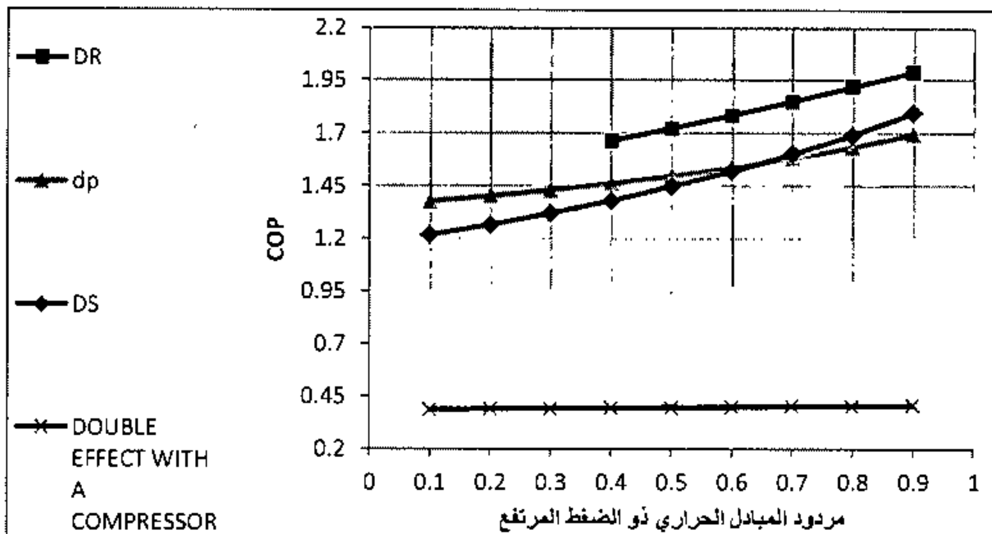


الشكل (5–106) العلاقة بين مردود المبادل الحراري ذي الضغط المنخفض ومعامل الأداء لدارة التبريد ثنائية المرحلة بمختلف تصاميمها

$(t_{ab} = t_{con} = 35°C;\ t_{gh} = 130°C;\ t_{ev} = 5°C;\ \zeta_{HEh} = 0.7; t_{gl} = 80\ °C; Q_{ev} = 300\ kW; m = 1;\ t_{ab,4} = t_{con,4} = 50°C;\ t_{gl,4} = t_{gh,4} = 90°C;\ t_{ev,4} = 5°C;\ \zeta_{HEh,4} = 0.7)$

- **تأثير مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع**

يظهر الشكل (5–107) تغير معامل الأداء بتغير مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع ويلاحظ تزايد معامل الأداء للدارات كافة مع تزايد مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع.



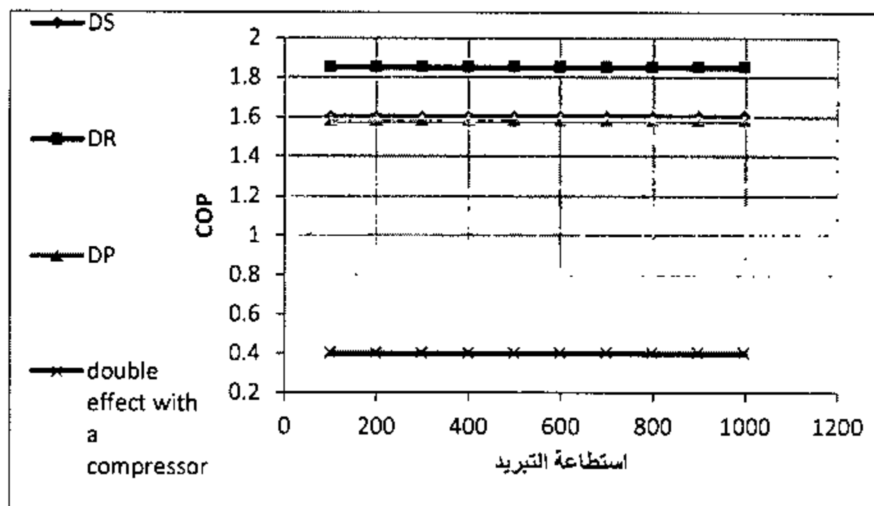
الشكل (5–107) العلاقة بين مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع ومعامل الأداء للدارة

$(t_{ab} = t_{con} = 35°C;\ t_{gh} = 130°C;\ t_{ev} = 5°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7; t_{gl} = 80°C; Q_{ev} = 300\ kW; m = 1;\ t_{ab,4} = t_{con,4} = 50°C;\ t_{gl,4} = t_{gh,4} = 90°C;\ t_{ev,4} = 5°C;\ \zeta_{HEl,4} = 0.7)$

فالدارة العكسية تملك معامل الأداء الأكبر، وللثنائية ذات الضاغط بين المرحلتين معامل الأداء الأصغر، وذلك بالنسبة لكامل مجال تغيّر مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع يلي الدارة العكسية من حيث معامل الأداء الدارة الثنائية ذات الجريانات المتوازية، فالتسلسلية، وذلك بالنسبة لمردود للمبادل الحراري أصغر من 60%، بينما يحتلّ معامل أداء الدارة التسلسلية المرتبة الثانية، ومعامل أداء الدارة الثنائية ذات الضاغط المرتبة الثالثة وذلك بالنسبة للمراديد التي تفوق 60%. نلحظ تزايداً في معامل أداء دارة التبريد الثنائية العكسية من 1.664 إلى 1.988 وذلك عند تزايد مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع من 40 % إلى 90%. وتزايداً في معامل أداء الدارة ذات الجريانات المتوازية من 1.376 إلى 1.694 وكذلك تزايداً في معامل أداء الدارة التسلسلية من 1.215 إلى 1.794، وفي معامل أداء دارة التبريد ذات الضاغط بين المرحلتين من 0.3862 إلى 0.406 وذلك عند تزايد مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع من 10 % إلى 90%. ونلحظ أنه الدارة الثنائية العكسية تملك مجالاً أضيق بالنسبة لقيم مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع وبالتالي يجب أخذ ذلك بالاعتبار عند اختيار التصميم المطلوب للعمل.

- **تأثير استطاعة التبريد**

يظهر الشكل (5-108) العلاقة بين استطاعة التبريد ومعامل الأداء لكافة تصاميم دارة التبريد الامتصاصية الثنائية المرحلة ويلاحظ عدم ارتباط معامل الأداء للتصاميم المختلفة باستطاعة التبريد.



الشكل (5-108) العلاقة بين استطاعة التبريد ومعامل الأداء لدارة التبريد ثنائية المرحلة بمختلف تصاميمها

$(t_{ab} = t_{con} = 35°C;\ t_{gh} = 130°C;\ t_{ev} = 5°C;\ \zeta_{HEl} = 0.7;\ t_{gl} = 80°C;\ \zeta_{HEh} = 0.7;\ m = 1;\ t_{ab,4} = t_{con,4} = 50°C;\ t_{gl,4} = t_{gh,4} = 90°C;\ t_{ev,4} = 5°C;\ \zeta_{HEl,4} = 0.7;\ \zeta_{HEh,4} = 0.7)$

الفصل السادس

الاستنتاجات والتوصيات

6-1- مقدّمة

إن الغاية الأساسية من الدراسة هي إجراء مقارنة بين التصاميم المختلفة لدارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة العاملة بمحلول(بروميد الليثيوم– ماء) بغية الوصول إلى الدارة الأمثل والتي تملك معامل الأداء الأكبر؛ إذ تم لهذا الغرض استخدام برنامج Engineering Equation Solver (EES) في برمجة المعادلات الرياضية الخاصة بكل تصميم وذلك نظراً لعدم توفر المحطات الفعلية وكونها ذات تكلفة اقتصادية مرتفعة.

6-2- الاستنتاجات

بعد تحليل النتائج تمّ التوصل إلى ما يأتي:

- بالنسبة لجميع الدارات يزداد معامل الأداء بازدياد كلّ من درجة حرارة المبخر ودرجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المنخفض ومراديد المبادلات الحرارية المستخدمة في الدارة.
- بالنسبة لجميع الدارات يتناقص معامل الأداء مع تزايد درجة حرارة المكثّف والمساوية لدرجة حرارة الماصّ.
- يزداد معامل الأداء لدارات التبريد الامتصاصية الثنائية التسلسلية وذات الجريانات المتوازية والعكسية بينما يتناقص معامل الأداء لدارة التبريد الامتصاصية الثنائية ذات الضاغط بين المرحلتين، وذلك بازدياد درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المرتفع.
- لا يرتبط معامل الأداء بالنسبة لجميع الدارات باستطاعة التبريد المطلوبة.
- تملك دارة التبريد الامتصاصية الثنائية العكسية معامل الأداء الأكبر بالنسبة لكامل مجال تغيّر درجة حرارة المبخر ، يليها معامل أداء الدارة التسلسلية فذات الجريانات المتوازية، ومن ثم الدارة الثنائية ذات الضاغط بين المرحلتين ولكن تملك الدارة العكسية مجال عمل أضيق بتغيّر درجة حرارة المبخر حيث يجب مراعاة ذلك عند اختيار التصميم المناسب لشروط العمل.
- تملك دارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة العكسية معامل الأداء الأكبر بالنسبة لكامل مجال تغيّر درجة حرارة المكثّف ويليها من أجل درجات الحرارة الأدنى من 35 °C دارة التبريد التسلسلية فذات الجريانات المتوازية، بينما تحتلّ الدارة ذات الجريانات المتوازية المرتبة الثانية والتسلسلية المرتبة الثالثة

من ناحية معامل الأداء من أجل درجات الحرارة الأعلى من 35 °C. بينما تملك الدارة الثنائية ذات الضاغط بين المرحلتين معامل الأداء الأصغر قيمةً من أجل مختلف مجال تغيّر درجة حرارة المكثّف.

- تملك دارة التبريد الامتصاصية الثنائية العكسية معامل الأداء الأكبر بالنسبة لكامل مجال تغيّر درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المرتفع يليها التسلسلية فذات الجريانات المتوازية ومن ثم الدارة الثنائية ذات الضاغط بين المرحلتين.
- تملك دارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة العكسية معامل الأداء الأكبر بالنسبة لكامل مجال تغيّر درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المنخفض، يليها ومن أجل درجات الحرارة الأدنى من 78 °C معامل أداء دارة التبريد ذات الجريانات المتوازية فمعامل أداء الدارة التسلسلية، بينما يحتلّ معامل أداء الدارة التسلسلية المرتبة الثانية ومعامل أداء الدارة ذات الجريانات المتوازية المرتبة الثالثة من أجل درجات الحرارة الأعلى من 78 °C ثم تأتي بالمرتبة الأخيرة بالنسبة لمعامل الأداء وبالنسبة لكامل مجال درجة حرارة المكثّف دارة التبريد الامتصاصية الثنائية ذات الضاغط بين المرحلتين.
- بالنسبة لدارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة ذات الضاغط بين المرحلتين تكون درجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المنخفض مساويةً لدرجة حرارة مولّد البخار ذي الضغط المرتفع ولعل أهم ما يميّز هذه الدارة إمكانية عملها عند درجات حرارة منخفضة نسبياً لمولّدات البخار.
- تملك دارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة العكسية معامل الأداء الأكبر بالنسبة لكامل مجال تغيّر مردود المبادل الحراري ذي الضغط المنخفض يليها ومن أجل المراديد الأدنى من 60% دارة التبريد ذات الجريانات المتوازية فالتسلسلية، بينما يحتلّ معامل أداء الدارة التسلسلية المرتبة الثانية ومعامل أداء الدارة الثنائية ذات الضاغط المرتبة الثالثة وذلك من أجل المراديد الأعلى من 60% ثم تأتي بالمرتبة الأخيرة وبالنسبة لكامل مجال مردود المبادل الحراري ذي الضغط المنخفض دارة التبريد الامتصاصية الثنائية ذات الضاغط بين المرحلتين.
- تملك دارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة العكسية معامل الأداء الأكبر بالنسبة لكامل مجال تغيّر مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع يليها ومن أجل المراديد الأدنى من 60% دارة التبريد ذات الجريانات المتوازية فالتسلسلية، بينما يحتلّ معامل أداء الدارة التسلسلية المرتبة الثانية ومعامل أداء الدارة الثنائية ذات الضاغط المرتبة الثالثة وذلك من أجل المراديد الأعلى من 60% ثم تأتي بالمرتبة الأخيرة وبالنسبة لكامل مجال مردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع دارة التبريد الامتصاصية الثنائية ذات الضاغط بين المرحلتين كما تبيّن أن للدارة العكسية مجال عمل أضيق بالنسبة لمردود المبادل الحراري ذي الضغط المرتفع من بقية الدارات ويجب مراعاة ذلك عند اختيار التصميم المناسب لشروط العمل.

- تمّ التوصل إلى أن التصاميم لا تختلف عن بعضها بعضاً بمعاملات الأداء فحسب وإنما بمجالات العمل أيضاً، ويجب أخذ ذلك بالاعتبار عند اختيار التصميم المطلوب.

6-3- التوصيات

يتمّ التوجه حالياً في العالم أجمع باتجاه استخدام الطاقات المتجددة النظيفة في معظم مجالات الحياة وإحدى هذه المجالات مجال التبريد، وكما ذكر سابقاً أن استخدام دارات التبريد الامتصاصية الثنائية يُجنب استخدام الفريونات الضارة بالبيئة، ويوفر بذلك بيئة عمل نظيفة ويُمكن من استخدام الطاقات المتجددة ومنها الطاقة الشمسية للتبريد.

ولما كانت تكلفة بناء هذه الدارات مرتفعة نسبياً كان لابدّ من إجراء هذه الدراسة التي تعطي دارة التبريد الأمثل ذات معامل الأداء الأكبر عند مختلف مجالات العمل. لذا فقد أعطت الدراسة أن لدارة التبريد الامتصاصية الثنائية العكسية معامل الأداء الأكبر عند مجالات العمل كافة ومن الطبيعي أن ينصح باستخدامها، ولكن مع مراعاة وجود اختلاف في مجالات العمل؛ فالدارة العكسية لا يمكن أن تعمل عند مجالات العمل كافة وقد لاحظنا أن للدارة العكسية مجال عمل ضيق نسبياً بالنسبة لدرجة حرارة المبخر فعلى سبيل المثال بالإضافة إلى وجود ميّزات خاصة لبعض التصاميم فالثنائية ذات الضاغط بينّ المرحلتين الهجينة، وعلى الرغم من معامل أدائها المنخفض تمتاز بإمكانية تشغيلها عند درجات حرارة منخفضة نسبياً لمولّدات البخار، وبالتالي تعدّ هذه الدارة مناسبة للعمل عندما لا يمكن تأمين درجات حرارة عالية للمولّدات، وبالتالي ما يتوجب فعله هو تحديد مجال العمل للدارة من درجة حرارة مبخر، مكثّف ودرجات حرارة مولدات البخار..... إلخ والعودة إلى الجداول الموضّحة أعلاه وتحديد الدارة الأمثل ضمن المجال المطلوب، وإذا ما كانت هذه الدارة قادرة على العمل ضمن هذه المجال. وتعطي الجداول الموضّحة في الفصول السابقة معلومات تقنية أبعد من معامل تدوير وكمية حرارة مطروحة من الماصّ بغية إنجاز الأمور التقنية والتصميمية على أكمل وجه وبالتالي تمثل هذه الدراسة دليلاً شاملاً يمكن العودة إليه عند الرغبة ببناء دارة التبريد الامتصاصية الثنائية، ولا تحتاج إلا لمعرفة مجال العمل وقراءة علمية بسيطة للجداول لتحديد الدارة الأفضل.

ومن الجدير بالذكر أن العالم بدأ بالتوجه إلى دارات التبريد الامتصاصية كبديل لدارات التبريد الأخرى، وتمثل هذه الدراسة طريقة سهلة ودقيقة جداً لتحديد التصميم الأمثل ضمن أي مجال للعمل تاركاً المجال لأعمال لاحقة من أجل بناء أحد تصاميم دارة التبريد الامتصاصية ثنائية المرحلة وإجراء التجارب العملية ومقارنة النتائج التجريبية بالتحليلة والتعمق أكثر في هذا المجال الذي بدأ يغزو العالم الحديث .

المراجع:

[1] MAZLOUMI, M.; NAGHASHZADEGAN, M.; JAVAHERDEN, K.*Simulation of solar lithium bromide–water absorption cooling system*

with parabolic trough collector. Energy Conversion and Management, Vol.49, No.10, 2008, 2020 – 2832.

[2] PRIDASAWAS, W. *Solar-Driven Refrigeration Systemswith Focus on the Ejector Cycle*.PHD thesis, KTH Industrial Engineering and Management, Sweden, 2006, 286.

[3] WANG, L.; CHEN, G. M.; WANG, Q.; ZHONG, M.*Thermodynamic performance analysis of gas-fired air-cooled adiabatic absorption refrigeration systems*. Applied Thermal Engineering, Vol. 27, No. 8–9, 2007, 1642-1652.

[4] WU, S. *INVESTIGATION OF EJECTOR RE-COMPRESSION*

ABSORPTION REFRIGERATION CYCLE.PHD thesis, University of Nottingham, U.K., 1999, 141.

[5] ARCAKLIOGLU, E.; OZALP, M.; SOZEN, A. Prospects for utilisation of solar driven ejector_absorption cooling system in Turkey. Applied Thermal Engineering, Vol.24, No.7, 2004, 1019-1035.

[6]GOMRI, R.*Second law comparison of single effect and double effect vapour absorption refrigeration systems.* Energy Conversion and Management , Vol. 50, No. 5, 2009, 1279-1287.

[7]Tesha. *Absorption Refrigeration System As An Integrated Condenser Cooling Unit In a Geothermal Power Plant*. MSc thesis, University of Iceland, Iceland, 2009, 76.

[8] FLORIDES, G. A.; KALOGIROU, S. A.; TASSOU, S. A.; WROBEL, L. C.*Design and construction of a LiBr–water absorption machine* . Energy Conversionand Management, Vol.44, No. 15, 2003, 2483-2508.

[9] KAUSHIK, S. C.; ARORA, A.*Energy andexergy analysis of single effect and series flow double effect water–lithium bromide absorption refrigeration systems*.International Journal of Refrigeration, Vol. 32, No. 6, 2009, 1247-1258.

[10] TIERNEY, M. J. *Options for solar-assisted refrigeration—Trough collectors and double-effect chillers*. Renewable Energy, Vol. 32, No. 2, 2007, 183-199.

[11] GOMRI, R. *Investigation of the potential of application of single effect and multiple effect absorption cooling systems*. Energy Conversion and Management, Vol. 51, No. 8, 2010, 1629-1636.

[12] GEBRESLASSIE, B. H.; MEDRANO, M.; BOER, D. *Exergy analysis of multi-effect water–LiBr absorption systems: From half to triple effect.* Renewable Energy, Vol. 35, No. 8, 2010, 1773-1782.

[13] GOMRI, R.; HAKIMI, R.*Second law analysis of double effect vapour absorption cooler system*. Energy Conversation and Management, Vol.49, No.11, 2008, 3343 – 3348.

[14] FIGUEREDO, G. R.; BOUROUIS, M.; CORONAS, A. *Thermodynamic modelling of a two-stage absorption chiller driven at two-temperature levels.* AppliedThermal Engineering , Vol. 28, No. 2–3, 2008, 211-217.

[15] WOREK, W. M.; LUDOVISI, D.; MECKLER, M. *Enhancement of a double-effect absorption cooling system using a vapor recompression absorber.* Energy U.S.A., Vol. 28, No. 12, 2003, 1151-1163.

[16] EZZINE, N. B.; BARHOUMI, M.; MEJBRI, K. CHEMKHI, S.; BELLAGI, A. *Solar cooling with the absorption principle : First and second law analysis of an ammonia – water double- generator absorption chiller.* Desalination , Vol. 168, No.15, 2004, 137-144.

[17] ARCHER, D. H.; YIN, H. *Broad BCT 16 Absorption Chiller Performance: Steam Driven, Double Effect, 16 kW (4.5) Ton.* WBDG, U.S.A., 2007, 6 April 2011.

http://www.wbdg.org/research/chillers.php

[18] Kairouani, L.; Nehdi, E.; Ben Iffa, R. "Thermodynamic Investigation of Two-Stage Absorption Refrigeration System Connected by a Compressor. "*American Journal of Applied Sciences* 2.6 (2005) : 1036-1041.

[19] IZQUIERDO, M.; VENEGAS, M.; GARCIA, N.; PALACIOS, E. *Exergetic analysis of a double stage LiBr–H_2O thermal compressor cooled by air/water and driven by low grade heat.* Energy Conversion and Management, Vol.46, No. 7–8, 2005, 1029-1042.

[20] FARSHI, L. G.; SEYED MAHMOUDI, S. M.; ROSEN, M. A. *Analysis of crystallization risk in double effect absorption refrigeration systems.* Applied Thermal Engineering, Vol. 31, No.10, 2011, 1712-1717.

[21] ASHRAE, 2005. (American Society Of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers). Thermodynamics and Refrigeration Cycles.

[22]HUICOCHEA, A.; RIVERA, W.; GUTIERREZ-URUETA, G.; BRUNO, J. C.; CORONAS, A. *Thermodynamic analysis of a trigeneration system consisting of a micro gas turbine and a double effect absorption chiller.* Applied Thermal Engineering, Vol.31, No.16, 2011, 3347-3353.

Abstract

The is a trend nowadays of using the absorption cooling system for many advantages such dependence on the thermal renewable energy and the need of only small amounts of electricity and being a friend of environment since it doesn't use materials which harm the environment and because of the low coefficient of performance of the single effect absorption cycle there is a tend to double the effect which will approximately double the coefficient of performance of the cycle. But there are many designs for the double effect absorption cooling system which differ in their performances and they have high building costs which make building the real designs of the double effect absorption cooling system in order to compare them and choose the best design is hard and costly for any scientific facility or institute. The aim of this study is to choose the best design in performance of all the designs of the double effect absorption cooling system which employ (lithium bromide – water) as a working pair; and that can be done using the thermodynamic analysis for the different designs depending on the mass and energy balance for the cycle. The next step is to do a mathematical modeling of the different designs using the Engineering Equation Solver (EES). The mathematical models give us the coefficient of performance for each design at fixed specific conditions. Changing those conditions in specific ranges and studying the change of coefficient of performance and the heat flow rate in the absorber will give us a comprehensive image of the cycle attitude in the different working conditions. The results showed that the working conditions range differ from a design to another so choosing the best design must be compatible with the required working conditions rang. The coefficient of performance for all designs increases with increasing each of the evaporator temperature and low pressure generator temperature and the heat exchangers efficiencies. The coefficient of performance for all designs decreases with increasing the condenser temperature which equals to the absorber temperature. The coefficients of performance of series, parallel and reverse double effect absorption cooling cycles increase and the coefficient of performance of the double effect absorption cooling system with a compressor decreases with increasing the high pressure generatortemperature.

Key words : Absorption cooling system-Double effect-Coefficient of performance-heat flow rate



Tishreen University

Faculty Of Mechanical And Electrical Engineering

Department Of Mechanical Power Engineering

Syrian Arabic Republic

Ministry Of High education

A COMPARISION OF PERFORMANCES OF DOUBLE EFFECT ABSORPTION COOLING SYSTEMS USING THE THERMODYNAMIC ANALYSIS

(A project submitted to the Department of Mechanical Power Engineering in partial fulfillment of the requirement of the Master Degree in Thermal Machines Engineering)

Prepared by:

Eng. Hassan Fazaa

Supervised by:

Dr. Ali Karno(Main supervisor) *Dr.Jaber Diba(assistant supervisor)*

2011-2012